Stratégiai koncepció

Az aknaszlatinai természeti erőforrások revitalizációja és a Felső-Tisza folyó további szennyezésének megelőzése érdekében

Vezetői összefoglaló

A REVITAL 1 projekt 2019-ben kezdődött és a COVID-19 valamint az ukrán-orosz háború miatt súlyos késésekbe ütközött. Következésképpen módosításokat eszközöltek a szerződésben, és a projektet néhányszor meghosszabbították. A munka (különösen a terepmunka) hatalmas áldozatot és motivációt igényelt valamennyi partnertől, mivel a logisztikai kihívások és a biztonsági aggályok megakadályozták a hatékonyabb és eredményesebb munkát.

A projekt során számos adatot gyűjtöttek (geológiai, hidrogeológiai, vízminőségi és – mennyiségi), amelyek pontos információval szolgálnak a célterületről, és feltárják a szlatinai helyzet romlását.

Ez a Stratégiai Koncepció és a komplex megfigyelő rendszer dokumentációja egyaránt fontos és jó alapot nyújt a jövőbeli intézkedésekhez és minden szinten támogatja a döntéshozókat. A projekt tevékenységei a magyar hatóságok, az EU polgárvédelmi csoportja és az ImProDiReT projekt által korábban végzett számos misszióra épülnek.

Az összegyűjtött adatoknak alapként is kell szolgálniuk a jövőbeli fejlesztésekhez és cselekvésekhez (a megfigyelőrendszer új elemeinek fejlesztése, rehabilitációs tevékenységek, új beruházási lehetőségek, katasztrófavédelem, stb.). Ezeket közép- és hosszútávon kell megtervezni úgy, hogy ne okozzon kárt a környezetnek valamint figyelembe véve a szlatinai lakosok biztonságát. Mindig is jelen volt a sóbánya újbóli megnyitására való törekvés, de közös és összehangolt erőfeszítések nélkül nem várható pozitív eredmény.

A projektben alkalmazott módszerek (geofizikai, alkalmazott geológiai és hidrogeológiai módszerek, szennyező források rögzítése, előzetes megfigyelés és numerikus modellezés) a teljes vízgazdálkodásban hasznosíthatók.

A projekt megvalósításához 3 konkrét célt tűztek ki: 1. megvizsgálni

az aknaszlatinai sóbányának és környezetének jelenlegi környezeti állapotát innovatív technológia segítségével, 2 vizsgálati monitoringot kialakítani egy megfelelő jövőbeli megfigyelési rendszer tervezésére, mely a felszíni és a felszínközeli víz minőségi és mennyiségi változásait valamit talajmozgásokat követi. 3. a projekt eredményeit tudatosítani és népszerűsíteni különböző szinteken. Az eredményeket bizonyos mértékig sikerült elérni (a már ismertetett akadályozó tényezőkkel együtt), a javasolt intézkedések további ösztönzése pedig a helyi és regionális hatóságokon múlik. Nyilvánvaló, hogy csak a helyi és kormányzati hatóságok közös erőfeszítéseivel, összefogásával és a tudományos intézmények bevonásával lehet nagyobb sikert elérni.

A vizsgált sókupola területének térképe tavakkal (édes, sós), patakokkal, vízelvezető rendszerrel (GeoGold Kft.)

A projekttevékenység eredményeként számos térkép, adat, jelentés, stb. készült és a Stratégiai Koncepció tartalmazza a projektpartnerek által végzett munka legfontosabb elemeit.

Az évszázadok során először a kősó felszínen végzett kitermelése majd későbbi bányászati és fúrási technikák fejlődése miatt a mélyebb utakra történő feltárás következtében a védőrétegek (pala) részben megsemmisültek és eltűntek. Ezen tevékenységek következtében a sókupola felszíne nyitottá vált, így közvetlenül érintkezik a levegő nedvességével és a csapadékkal, továbbá szorosabb kapcsolatban van az áramló felszíni és sekély talajvízzel is, valamint itt kezdődik meg a sókarsztosodás folyamata. Víznyelők, dolinák, kráterek jöttek létre és bányák omlottak be a só feloldódásának köszönhetően.

A több száz éve működő szlatinai bányászat problémái főként a 60-as, 70-es években kezdődtek. Ahogyan a sókitermelés évi 0,5 millió tonnáról 1 millió tonnára nőtt robbanóanyagokat használva a mélybányákban, úgy nőtt a káros jelenségek mennyisége és sebessége is.

Az erőltetett robbantásos kitermelés növelte a környezeti katasztrófák számát is, melyek okai három fő csoportba sorolhatók.

1) A felszín közeli természetes vízzáró réteg megbontása (a négyrétegű köves-kavicsos-homokos alluviális üledékréteg alatti néhány méter vastagságú sós agyagréteg, melyet a helyen „pala”-nak neveznek) a bányászati tevékenység és a kutatófúrások miatt.

2) A vízelvezető folyosó rendszer karbantartásának teljes hiánya (a művelt bányaterületet körülvevő, átlagosan 30m mélységben lévő vízelvezető rendszer célja a felszín közelében lévő négyrétegű köves-kavicsos-homokos réteg talajvíz elvezetése, mely a sókupola természetes védelmét biztosító „pala” réteg felett helyezkedik el). A folyosó és a vízelvezetés karbantartásának teljes hiánya a 70-es években kezdődött és az ebből eredő problémák helytelen kezelésével és további megelőzés hiányával folytatódott.

3) Nem megfelelően végrehajtott és erőltetett robbantási eljárások alkalmazása a sókitermelés növelése érdekében.

Következmények:

a) Víz behatolása a bányákba, oldódási folyamatok a sókupolában
b) Repedések és bányatavak képződése, amelyek a felszínre hatolnak
c) Évente 1-2,5 cm kimutatható talajszint-süllyedés

2007 és 2010 között két működő bánya elárasztása illetve rések és más veszélyes geológiai jelenségek keletkeztek az Aknaszlatinai Sóbánya állami tevékenységi területén. Az ukrán rendkívüli helyzetek minisztériumának szakértői ezt az ökológiai katasztrófát állami szintű

vészhelyzetnek határozta meg.

2010-ben az Ukrán Rendkívüli Helyzetek Minisztériuma szükségállapotot hirdetett ki a szlatinai sóbánya területén. 2008-ban az első jelek jelentős változásokat mutattak a Tisza folyó vízminőségében, amely az összeomlott szlatinai sóbányából ered. Bár a sószennyezés intenzitása az utóbbi időben csökkent, a probléma még nem oldódott meg. A szlatinai lelőhelyen a kősót a Római Birodalom kora óra bányászták a lelőhely nyugati peremén fennmaradt gödrökben (Ivanchenko et al., 1967). A lelőhely (bányák) föld alatti fejlesztése a 18. század második felében kezdődött.

Az aknaszlatinai potenciális környezeti vészhelyzet kezelése érdekében az Uniós Polgárvédelmi Mechanizmusának (UCPM) történetében először 2016-ban egy uniós tagállam és egy nem uniós állam (Magyarország és Ukrajna polgárvédelmi hatóságai) aktiválták az UCPM-et. Az UCPM ugyanebben az évben július 2-9. között felderítő küldetést indított a nemzeti hatóságok támogatására és a közös segítségnyújtási kérelemre való reagálásra. Ezzel egyidejűleg a magyar hatóságok egy kisebb szakértői csoportot küldtek a jövőbeli tevékenységek megerősítésére és az UCPM csoport támogatására a Hatáskör kidolgozásában. A felmérő küldetés technikai jelentést készített, melyet megosztottak az UCPM tagállamokkal és a résztvevő államokkal (PS) valamint az ukrán hatóságokkal (UA), illetve egy tanácsadói misszióra vonatkozó „Hatáskör" tervezetét (ToR).

A felmérő küldetés megállapításai alapján úgy döntöttek, hogy tanácsadói missziót küldenek „a szlatinai sóbányák területének átfogó kockázatértékelésének" céljából. A kiküldetésre 2016. szeptember14.-én és október 7.-én került sor. A misszió eredményeként egy értékelő jelentés készült, mely a szlatinai területen a bányászattal kapcsolatos minden tevékenység vezérfonalául szolgált és szolgál.

Aknaszlatina helyi és területi adottságairól készült elemzés következtetéseket és ajánlásokat fogalmaz meg azáltal, hogy átfogó képet ad a település területi, gazdasági és társadalmi kohézióját alakító tényezőkről. Fontos, hogy mélyebb megértést adjon Szlatina jelenét alakító ágazatközi kérdések összefüggéseiről, melyek szoros kapcsolatban állnak a sóbányászattal és a dokumentum más részeiben értékelt környezeti kockázattal.

Elmondható, hogy a jelenlegi állapot szerint a bányákból naponta legfeljebb 4600 kg NaCl, a sós tavakból pedig 6600 kg, azaz összesen 11 200 kg kősó kerül ki a Tisza folyóba.

Feltételezve, hogy a kősó sűrűsége 2100 kg/m3, ez napi 5-5,5 m3 kősó kioldódását eredményezné , ami évente legfeljebb közel 2000 m3 kavitációt jelentene a felszín alatt.

A REVITAL 1 **általános módszertana** irodai kutatómunkából, statisztikák felhasználásából, valamint interjúk, helyszíni látogatások és mérések, illetve adatgyűjtés és – elemzés sorozatából áll. Az irodai kutatómunka során Aknaszlatina társadalmi és gazdagsági életéről szóló szakirodalmak lettek kutatva és feldolgozva. Az ukrán statisztikai hivatal forrásaiból származó statisztikai adatokat, valamint az évek során a CBC[1] és a nemzetközi projektek keretében épített más adatbázisokból származó statisztikákat és regionális elemzéseket is felhasználtak a területi bizonyítékok alátámasztása érdekében. Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy a települési és regionális szintű legfrissebb adatok hiánya miatt néha korlátokba ütközött a kutatás. Ezen korlátok miatt az elemzés sokszor csak 2020. július 18-i közigazgatási változásoknál korábbi adatokat tudott felhasználni.[2]

Megállapítható, hogy Szlatina városfejlesztési helyzete nagymértékben függ a helyi adottságok kihasználtsági szintjétől és a helyzeti szempontoktól. Földrajzi szempontból a település Ukrajna legnyugatibb részén helyezkedik el, Kárpátalján. Aknaszlatina hátrányos perifériku helyzetben van, mivel az EU[3] határai továbbra is erősek és a fő közlekedési kapcsolatok elkerülik a városi települést. Szlatina azonban hasznot is húzhat abból, hogy Ukrajna egyik békés sarkában helyezkedik el, abból, hogy közel van az európai piacokhoz és a jövőben csökkenő negatív határhatásokból (különösen a Romániába vezető új híd megépítésével). Lehetőségek rejlenek a romániai Máramarossziget városával való szorosabb funkcionális integrációban. Szlatina a környező települések központja is. Aknaszlatina olyan funkciókkal rendelkezik, melyek kiemelik a városi típusú települést a településhálózatból: egészségügyi létesítmények, gyógyturizmus, számos etnikai kisebbséghez tartozó szervezet és intézmény. A bányászati tevékenység eredményeihez kapcsolódó földmozgások a hatóságokat és az önkormányzatot a területrendezés újragondolására és a funkciók, polgárok áthelyezésére késztetik, amit csak nagy körültekintéssel lehet megtenni, különösen figyelve

[1] Határon átnyúló együttműködés, más néven Interreg A

[2] Szlatina ugyanabban a járásban maradt (Técső), habár a járások száma 13-ról 6-ra csökkent, ami megnehezíti az összehasonlítást. A szövegben Szlatina különböző megnevezésekben szerepel. Szlatina tekinthető: 1) városi típusú településnek (kisváros); 2) 2020 júniusától területi községnek, amely néhány más településből áll, mint Ukrajna alapvető közigazgatási szintje. Érdemes szem előtt tartani, hogy közigazgatásilag Aknaszlatina városi típusú település és nem városi önkormányzat a törvény szerint.

[3] Európai Unió

4 Europe

az etnokúltúrális vonatkozásokra. A környezetvédelem nagy jelentőséggel bír, mivel a felszín alatti vizek es a Tisza szennyezése egy szélesebb, határokon átnyúló vízgyűjtő területet érint, ami közös kezdeményezésekért kiált legalább a vízgazdálkodás és a környezetvédelem terén. A hulladékgazdálkodás megoldatlan probléma Szlatinán, ami további cselekvéseket igényel.

Aknaszlatina fejlesztése és bármilyen környezetvédelmi beavatkozás nem valósítható meg anélkül, hogy figyelembe vennénk a városi jellegű település multietnikus jellegét, amely a jövőben jobban kezelhető lenne a társadalmi-gazdasági fejlesztés alapjaként. A népességmegtartó erőt növelni kellene hatékony és hatásos politikával és konkrét intézkedésekkel, amelyek a lakosságot a szülőföldjén tartaná. A gazdasági szerkezetet tekintve a sóbányászat összeomlása után a diverzifikáció fontos szerepet játszhatna. A nagyvállalatok hiányát a bányászat zsugorodása után a turizmusban működő SME-k[4] támogatásával lehetne egyensúlyozni. A monostrukturális gazdaság a feltörekvő turizmus által jellemzett gazdagág irányába mozdult el. A gazdaságban sok múlik a turizmuson és az egészségügyön. Nagy jelentőséggel bír a kórházakra és a sós vízre épülő komplex egészségügyi és rekreációs turizmus kialakulása és minőségi változása. A víz- és talajszennyezés, a hulladék, a földcsuszamlások és egyéb mozgások, valamint a helyi lakosság jóléte egymástól elválaszthatatlan területek.

Nincs jelentős különbség az 1992-2000 és a 2002-2010 közötti időszakban előforduló földcsuszamlások között. Mindkét időszakban látható, hogy nagyon veszélyeztetett terület volt a sóbánya, sós tavak és az ezeket határoló több száz méteres sávok, ha beépített területeket érint. Ez akár 25 mm-es évenkénti süllyedést is jelenthet (nyilvánvalóan a felszakadt kráterek környékén ez magasabb értéket is mutathat). **A legveszélyeztetettebb közműszolgáltató a 9-es akna környékén** (a 10-es akna közelében**), a nagyon magas kockázatú terület ÉK-i részén található elektromos elosztóhálózati üzem.**

A műholdfelvételek értelmezését a földfelszín alapvető mintázatának megállapítása érdekében végezték el, a veszélyes természetes és technogén geológiai folyamatok kialakulásával kapcsolatos kockázatok további értékelése céljából a szlatinai sókupola szerkezetében és szomszédos területeken

Az objektumok és a talajfelszín függőleges elmozdulásainak értékelését a Sentinel-1A és 1B műholdkonstellációk segítségével végzett műholddal radarmegfigyelési adatok interferometrikus feldolgozásával végezték (DInSAR elemzési adatok 2016-2021-re, SBAS

[4] Kis és közepes méretű vállalatok

megközelítés, Copernicus EMSN-030, EMSM-064; PS+SBAS megközelítés, Speciális Információfogadó és feldolgozó Központ és Navigációs Terepellenőrző, Ukrajna). Műholdas radar monitorozás az új műholdállások köztük a Sentinel-1A és 1B, valamint az innovatív adatfeldolgozási technikák (Persistent Scatterers-PS és Small Baseline Subset-SBAS) segítségével. 2016-2021 tanulmányokat a Speciális Információfogadó és feldolgozó Központ és Navigációs Terepellenőrző Központ Ukrajna végezte

A kutatási terület 33 négyzetkilométer volt. A végleges információs termékek (képmező és vektor) elkészültek, melyek lehetővé tették a térbeli és időbeli változások elemzését. A távérzékelési radar adatok előkészítését és feldolgozási műveleteket az ENVI szoftverben, a SarScape modulokban végeztük, valamint az interferometria eredményein alapuló tematikus feldolgozási műveleteket is elvégeztük (ArcGis szoftver).

A talajdeformáció műholdas feltérképezése és nyomon követése (2020-2021)

A legfrissebb műholdas radarmegfigyelési adatok alapján (a 2020. június 30. és 2021 december 10. közötti időszakra vonatkozóan) elvégezték s talajfelszín, az épületek és a létesítmények függőleges deformációinak értékelését Szlatina területén. Ennek eredményeképp 5 intenzív süllyedési területet azonosítottak (-6 és -126 mm/év közötti átlagos süllyedési sebességgel) (9. ábra). Megállapították, hogy a 7., 8., 9. számú bánya közelében lévő süllyedési zónák jelentős területűek és mindegyiknek jelentős süllyedési formája van, amelyben a legnagyobb süllyedés a középpontban határozható meg és a középponttól távolodva a talajfelszín süllyedésének intenzitása fokozatosan csökken. **A 7. számú bánya területét és a 8. számú bánya nyugati és keleti részét veszélyesnek minősítették.**

A felszíni deformáció legmagasabb értékeit -94,33 és -139,98 mm között állapították meg -34,08 és 67,54 mm/év közötti függőleges elmozdulási sebesség mellett a 2016-2020 közötti időszakra a bányák feletti veszélyzónában található objektumok/helyek (kritikus infrastrukturális létesítmények) esetében, amelyeket a karsztos-fúziós folyamatok legintenzívebb fejlődése jellemez.

A retrospektív feldolgozási eredmények alapján a vizsgált területen a radarmérések pontjain a koncentrált deformációk zónáit és süllyedés dinamikáját határozták meg (13. ábra). A földfelszín függőleges elmozdulásainak értékelése alapján, melyet a 2016-2021 közötti időszakra vonatkozó műholdas radaros megfigyelési adatok interferometriai feldolgozásával kaptunk, a földfelszín felhalmozott deformációinak értékei elérik a -285,12 mm-t, megállapították, hogy a 7.,8., 9. számú bányák veszélyeztetik Szlatina technogén biztonságát.

Az összes adatelemzésből származó eredményt fel kell használni a szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos területek folyamatos kockázatértékeléséhez. A szlatinai életbiztonság biztosítása érdekében az eredményeket fel kell használni a területfejlesztéshez és a megfigyelőrendszer kialakításához.

Sarokreflektorok és az InSAR technológia segítségével egy korai előre jelző rendszert lehetne telepíteni a területre. Ez az InSAR alapú megfigyelőrendszer nagyban fejleszthetné a civil biztonsági feltételeket és egy web gis alkalmazáson keresztül bárki számára objektív, átlátható felszíni deformációs információkat nyújtana. Ez az alkalmazás telepíthető a helyi lakosok okostelefonjára, így közvetlen információt kaphatnak a lakónegyedükről.

A geológiai adatok feldolgozásának befejezése és a geofizikai mérések és információk értékelés után világossá vált, hogy a Tisza folyó egymást fedő alluviális teraszai elérték a Magura-hegység lejtőit, sőt a viszonylag magasan fekvő sókupolát is beborították, de nem olyan vastagon, mint más helyeken.

A hidraulikus gradiens szerint a csapadékból és a talajvíz áramlási rendszeréből származó víz folyamatosan áramlik a Tiszába az erősen vízáteresztő köves, kavicsos, homokkavicsos és homokos alluviális rétegekben, főként keletről nyugatra, a sókupolán áthaladva.

Eredetileg a sókupolát néhány méteres agyagrétek (pala) borította, mely megvédte a nedvességtől és/vagy víztől. **A bányászati tevékenységeknek köszönhetően azonban, melyek végül komoly felszíni pusztítást okoztak, ez a védőréteg nyitottá vált, és ún. „hidraulikus ablakokat" nyitott káros és végzetes folyamatok számára.**

A mai elhagyatott bányák látványa (fehér számozással) a bányakamrákkal és bányanyílásokkal, mint potenciálisan és ténylegesen fenyegető vizek elleni földalatti terekkel (Geogold Kft.)

Az InSAR mérések felfedték a történelmi felszíni deformációk térbeli és időbeli eloszlását az ukrajnai Szlatinán. Az interferometriai adatok elemzésével segített megérteni a szlatinai sókupola felszíni deformációinak természetét az 1990-es évektől a 2000-es évek végéig. A fent említett időszakot lefedő ERS és Envisat SAR képarchívumokat feldolgozták, és megvizsgálták a terület interferometrikus deformációs történetét az alábbi **eredményekre** jutva:

- Szlatina központi része és a Magura szomszédos déli lejtői mindkét évtizedben gyorsan mozgó elkülönülő felszíneket mutattak ki, míg más felszínek tartósan stabilok maradtak.
- A kockázati szinteket a interferometriai és geológiai adatokból számították ki, melyek azt mutatják, hogy a kupola és környéke magas kockázati szint a sókupola középpontjából mért távolságra csökken.

A szlatinai sókupola folyamatos oldódását befolyásolja az édesvíz utánpótlása, a csapadék mennyisége és intenzitása (különösen a téli csapadék felhalmozódása), a Magura-hegység irányából érkező természetes vizek áramlása, valamint az antropogén hatások, elsősorban a vízkivételek és a szennyvízbevezetések.

A kiemelkedő helyzetben lévő sókupola geomorfológiailag két részre osztja a régiót, a sókupolától a Magura-hegységig északra és a sókupolától a Tiszáig délre. A Magura-hegységtől a bányaterületig 5-7,5%-os a lejtés, így az innen lezúduló esővíz a bányaterületet támadja. A víz elleni védekezés megoldása a több, mint 100 évvel ezelőtt, átlagosan 30 m mélységben kialakított folyosós vízelvezető rendszer volt, amely több km hosszan, a művelt bányaterületet körülvéve épült ki, de évtizedek óta nem üzemel.

A beomlott bányák ezen a hosszú szivárgási úton keresztül kisebb mennyiségben, de folyamatosan terhelik a Tiszát, melynek sóterhelése ugyanakkor jelentősen növeli a turisztikai céllal üzemeltetett sós tavak elhasznált sós vizének a Tiszába történő bevezetése, a Glod patakon és más mesterségesen létrehozott vízelvezető árkokon keresztül koncentráltan.

Az adatok azt mutatják. hogy a técsői járás környezetvédelmi rendszere alulfinanszírozott. Bár **Szlatina** jelentős badeni só felbukkanásokkal és só karsztos jellegzetességekkel rendelkezik, amelyek morfológiája gyorsan átalakul, ezek az örökségek nincsenek védve és nincs korlátozva. **Ráadásul ezek a sókészletek nem csupán örökséget vagy turisztikai látványosságot jelentenek, hanem hatalmas környezeti és hidrogeológiai veszélyt is.**

A projekt alatt 15 piezométeres kútcsoportot hoztak létre (MON jelzésű kutak), melyek egy éven keresztül rendszeres/ folyamatos vízszint- és vízkémiai méréseket végeztek. A mérésekben hasonló mélységű (6-15 m) lakossági magánkutakat is bevontak (összesen 8db).

A méréseken alapuló értelmezés a szezonális különbségek kimutatására is kiterjedt. A 20. ábra jól mutatja a Magura-hegység lejtőjéről induló széles É-D-i irányú talajvízáramlást, amely hirtelen irányt változtat és kelet-nyugati irányba fordul, amikor eléri az egykori bányaterületet. Ez az áramló víz nagy részére igaz, de az áramló víz kisebb része elkerüli a bányaterület, és a Tisza felé áramlik megtartva az áramlási irányát majdnem É-D-i irányban.

2016 óta végzett mérések azt mutatják, **hogy a 10-es akna friss vízhez jut**. A 2016-ban mért EC=500-650 µS/cm érték a 2021-es robotmérések alapján EC=200-400 µS/cm-re csökkent, ami a 10-130 m közötti zónában EC= 400-450 µS/cm-re változik (2016-ban 150 m-en 650 µS/cm értéket mértek). 130-140 m mélységben már egy átmeneti keveredési zóna látható (EC=450 µS/cm érték 3200 µS/cm értékre), ami a 2016-ban regisztrált 150 m-es minimális mélységhez képest magasabb értékre nőtt.

2021-es robot mérések 140 m mélységtől az akna aljáig állandó EC= 3200 µS/cm értéket mutatnak, ami kb. EC= 1000 µS/cm vezetőképességgel magasabb, mint a 2016-ban 198 m mélységben mért EC= 2180 µS/cm.

Lassú sóoldódás megy végbe a mélyben, hogy a telítettséghez közeli állapotot érjen el. A telítődési folyamat még nem fejeződött be.

A fentieket az aknában mért hőmérsékleti profil is megerősíti. Az alacsony vezetőképességű édesvíz t=8 C°-os értéke a 130-150 m-es átmeneti zóna után t=24 C°-ra emelkedik és a fenékmélységig állandó marad.

A több száz méter mélyen fekvő bányaaknák gyakorlatilag járhatatlanok a robot által észlelet omlások miatt. Ugyanakkor a 10. akna statikailag stabil és további mérési lehetőségeket biztosít a víz kémiai változásainak mélységben történő vizsgálatához.

Szlatina jóléte, beleértve a turizmust, mezőgazdaságot és a bányászatot is, nagymértékben függ a környezeti és ember okozta kockázatok és veszélyek csökkenésétől, amelyek akadályozzák Szlatina áttérésének sikerét egy fenntarthatóbb és új fejlődési pályára. Átfogó, területileg integrált beavatkozások nélkül Szlatina nem lesz képes kihasználni területi tőkéjét és helyi adottságait, valamint a problémák hosszabb távon újra előfordulnak.

A víznyelőket, a sókészletet, a sósvizet és a talajt **szennyezés veszélye fenyegeti.** Különösen a turizmus (egészségügyi központokkal, strandokkal és szálláshelyekkel) és a mezőgazdaság kerülhet válságba, ami közvetlenül érinti a helyi közösséget.

A rekreációs terület spontán és koordinálatlan kezelése, valamint az elhagyatott bányák közelsége jelent veszélyt. A víznyelők szennyeződése- az illegális szemetelés által- közvetlen hatással van a strandok vízminőségére. A Kunigunda tó vizének véletlenszerű szennyezése rontaná Szlatina hírnevét és csökkentené a jövőbeni turisták számát. Sajnos az elhagyatott bányák és a helyiek felelőtlen magatartása miatt ezek a **sóforrások elszennyeződtek, ami rontja a turizmus jövőbeli lehetőségeit.** Hogy ezt elkerüljük elengedhetetlen egy jól működő hulladékgazdálkodási rendszer létrehozása és az illegális szemetelés megszüntetése. További veszélyt jelenthet a bányaterület el nem zárt területe, hiszen a látogatók gyakran csak érdeklődésből vagy az út lerövidítése miatt mászkálnak a víznyelők között. Továbbá **a fölcsuszamlás és a süllyedés állandó veszélye elriasztja az új befektetőket és vállalatokat, mivel nem akarnak egy ilyen kockázati területbe befektetni.**

Továbbá a szlatinai rekreációs területen is vannak kisebb mértékű földmozgások. A helyi vállalkozások megpróbálják mérsékelni és reagálni ezekre a folyamatokra, azonban helyi források szerint az utóbbi időben nem történt nagyobb mozgás. Ami veszélyes lehet az a Szlatina két része közötti földalatti vízfolyás, az ilyen láthatatlan vizek hatása egyelőre ismeretlen. Néhány szálláshelyet érintettek a mozgások.

A sóbányászatnak nagy hagyománya van Szlatinán, mivel a mai modern Szlatina fejlődése elsősorban a bányászaton alapult. Ez azt is jelenti, hogy a sóbányászat helyzete meghatározza a helyi gazdaság jelenét és jövőjét, valamint az sem mellékes, hogy mi fog történni az ágazattal.

Az UNEMIX Georobotics Ltd. U-1NEPO búvárrobotjával a projektpartnerek 3D térképeket és nagy felbontású videófelvételeket készítettek a szlatinai bányaterületen és kiértékelték a merülés eredményeit. Továbbá a robot vízmintavételt és vízparaméter méréseket végzett (elektromos vezetőképesség, pH, oxigénfugavitás, hőmérséklet, nyomás). A munka várt főeredménye az volt, hogy jobban megértsük a szlatinai település alatt potenciális felszín alatti víznyelőket és kiegészítsük a helyi felszín alatti vízáramlási rendszer modellezéséhez szükséges információkat.

A szlatinai sóbánya területének és környékének korszerűsített és továbbfejlesztett hidrodinamikai modelljét a szlatinai sókupolaszerkezet szuprasalin lerakódásainak finomított szűrési paraméterei és egy frissített adatbázis alapján hozták létre, mely lehetővé tette a talajvíz áramlási irányának és sebességének időbeli előrejelzését. A modellt a beérkezett új anyagok alapján fejlesztették a kutatási terület geológiai szerkezetre és a hidrogeológiai állapotokra vonatkozóan, valamint a felszín alatti vizek előzetes megfigyelésére vonatkozó kezdeti adatok alapján. Bebizonyították a természetes és antropogén körülményekre való megfelelését. A további kutatáshoz szükséges adatbázist jelentősen bővítették. Meghatározták a talajvíz mozgásának irányát és időbeli sebességét.

A befolyásolási területet kutakkal nem lehet csökkenteni, kivéve, ha a meglévő sóbányák beomlásával kialakult és folyamatosan képződő tavak alján a víz áramlását mesterségesen csökkentik, a bányák és aknák kijáratait beszűkítik vagy elzárják a talajvíztestek alatt is, hogy az elárasztott bányagödrökben a sós víz telítődéssel teljes egyensúlyba kerüljön és így a további sótalanítást csak tektonikai vonalak mentén beszivárgó édesvíz idézze elő.

Ez egyáltalán nem akadályozná a sós tavak turisztikai célú használatát, csupán csökkentené a Pleisztocén folyóparti réteg és a Glod valamint a Mlinszkij patakok sótartalmát. Így a sókoncentráció némileg csökkenne a krátertavakban (a beomlott bányakamrák fölött), a talajvíz azonban jelentősen csökkenne. A sókupola jelenlegi befolyási területén meg kellene szüntetni vagy be kellene tiltani a kútvíz kitermelését.

A só oldódását mély rétegekben meg kell fékezni különben egy folyamatosan gyorsuló jelenséget okoz, amelynek során egyre nagyobb mennyiségű só oldódik fel egyre nagyobb, oldott felszínek mentén, ami egyre nagyobb földalatti üregeket és gyorsuló süllyedést okoz. A folyamat csak akkor állítható meg, ha a mélyben lévő talajvíz áramlásait radikálisan csökkentjük, ami a geológiai és hidrogeológiai viszonyok miatt lehetséges. Ésszerű megoldásokkal a folyamat lassítható, jelentős mesterséges beavatkozásokkal pedig teljesen csökkenthető, de ezt minél előbb meg kell kezdeni, amíg még lehet csökkenteni a folyamatot és a környezeti károk nem teszik tönkre a térség lakosságának életkörülményeit.

A bonyolult geoökológiai helyzetet figyelembe véve, a szlatinai természetes és mesterséges geoszisztéma állandó komplex megfigyelőrendszerének fejlesztése és működtetése kiemelt cél, amely lehetőséget biztosítana a geológiai környezet állapotában bekövetkező veszélyes változások és az életbiztonságot veszélyeztető tényezők időben történő észlelésére és értékelésére helyi és határokon átnyúló szinten. Az SCN információt nyújt a Tervezett Komplex Megfigyelőrendszerről, ami magában foglalja a talajfelszín deformációinak DInSAR megfigyelését (műholdas radaros megfigyelési adatok interferometrikus feldolgozása PS és SBAS technikákkal); hidrológiai és hidrogeológiai megfigyelést (vízmennyiség (szintek, áramlási sebesség), -minőség/ kémiai összetétel); geofizikai felmérést (mikrogravitációs, geoelektromos és szeizmikus módszerek); geodéziai felmérést (a talajfelszín deformációinak távoli vizsgálatainak beigazolása); helyszíni veszélyes geológiai folyamatok fejlesztését (karszt és szuffózió (süllyedések, víznyelők, omlások), szezonális árvizek és hirtelen áradások, áradások lejtőtömegek mozgása (erózió, földcsuszamlások) fejlesztése); kockázatértékelést, védelmi mérések előzetes igazolását.

Főbb következtetések

- Megállapítható, hogy a korábbi projektek (ImProDireT) és az EUCPT (2016-os**) küldetésének egyes megállapításai is megerősítik a korábbi következtetéseket, miszerint hiányosságok vannak a szlatinai bányászat (következményeiben) érintett valamennyi érdekelt fél közötti információcserében és megosztásban.** A szükségállapot még mindig fennáll, egyelőre nem találhatók válaszok, érzékelések vagy megoldások a szükségállapot feloldására.
- **Szlatina település övezete közvetlenül a sókupola diapír szerkezet geodinamikailag aktív részével határos, vagy abba lép be, melynek alapja kijáratokkal rendelkezik a felszínre.**
- **A földfelszínt a hosszútávú aktív bányászati műveletek miatt a fúrási és robbantási technológiák alkalmazásával a lelőhely kialakulásának utolsó szakaszában bányák és egyéb munkálatok, víznyelők és karszt elöntős víznyelők zavarják.**
- **Több, mint 140 helyi karsztvidék van, amelyek összterülete meghaladja a 11,22 hektárt és a karsztnyílások és bányaomlások mennyisége meghaladja az 5 millió köbmétert.**
- **A turizmus növekedése nem valósítható meg a környezetszennyezés terjedésének megakadályozása nélkül.** A helyi sókészlet a terület legfontosabb értéke és jelenleg ez adja Szlatina márkáját. Ha azonban ez a geológiai erőforrás tovább szennyeződik, Szlatina nem lesz képes többé kihasználni ezt a különleges adottságot.
- Néhány területen az áttelepítés és új házak és infrastruktúra építése lehet az egyetlen élhető megoldás.
- A rosszul megtervezett áttelepítési politika kontrollálatlan negatív hatásokat okozhat a kisebbségi csoportokra, ami az egész szlatinai társadalomra kihat.
- Nagyvállalatok hiánya a sóbányászati vállalat összeomlása után tartósan fennáll.
- Aknaszlatinának új gazdasági területekre van szüksége ipari park formájában és gazdasági növekedés ösztönzése érdekében.
- A munkaerőpiac nagyon monostrukturális, mely a bányaipar összeomlása után a turizmusra, mint új fő bevételi forrásra összpontosít.
- A bányászat, mint iparág összeomlott, **de van esély a bányászat újraindítására Szlatinán távolabb a régebbi bányáktól,** ami kevésbé zavarja a városi területeket.

- Kedvezőtlen, hogy a keletkező hulladéknak csak bizonyos részét kezelik, de a **hulladékgazdálkodási rendszer**[5] sem működik jól, mivel az újrahasznosítás aránya alacsony. Kárpátalján 2020-ban a hulladék nagy része (97,9%, 160 974,6 tonna) hulladéklerakóba került és mindössze 1,9 %-át (3 199 tonna) égették el, 0,2 %-át pedig (267,8 tonna) újrahasznosították.
- **Az elárasztott és nem működő (elhagyatott) bányák területén a süllyedési terület kiterjedése és a karsztkráterek és víznyelők körüli lejtők fokozatos ellaposodása figyelhető meg. Ugyanakkor a függőleges falú karsztos felszín alatt víznyelők (omlások) létezése az aktív karsztos felszín alatti folyamatok folyását jelzi.**
- **Nehéz gazdasági helyzetben (Oroszország katonai agressziója, különösen annak akut szakasza 2022-től és bizonyos mértékig a COVID-19) Szlatina lakossága megtalálja a lehetőségeket és forrásokat a turisztikai infrastruktúra fejlesztésére irányuló projektek végrehajtására. Egy bevonás van használatban olyan területek építéséhez, ahol függőleges elmozdulásokat regisztrálnak. Balneológiai célokra a 7. számú bánya víznyelőiből sós vizet szivattyúznak ki.**
- **A talajfelszín függőleges elmozdulásainak eloszlási mintázatai, amelyek nem csak a bányászati műveletek kontúrjában, hanem azokon túl is rögzítve vannak, feltárulnak; a kritikus infrastrukturális létesítmények területén felhalmozódott talajfelszíni deformációkat értékeltek.**
- **A felszíni deformáció legmagasabb értékei -94,93 és -139,98 mm között -34,08 és -67,54 mm/év közötti függőleges elmozdulási sebesség mellett a 2016-2020 közötti időszakra a bányák feletti veszélyzónában található kritikus infrastrukturális objektumok esetében becsülték meg, amelyeket a karsztos felszínű folyamatok legintenzívebb fejlődése jellemez.**
- **A földfelszín függőleges elmozdulásainak értékelése alapján, melyet a 2016-2021 közötti időszakra vonatkozó műholdas radaros megfigyelési adatok interferometrikus feldolgozásával kaptunk, a földfelszín felhalmozott deformációinak értékei elérik a 382,12 mm-t, megállapítást nyert, hogy a 7., 8., 9. számú bányák veszélyt jelentenek a technogén biztonságra.**

5 Hulladékgazdálkodás 2017, 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/povod_vidhod_rajony-2017.pdf; http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/povod_vidhod_rajony-2020.pdf

- **Az eredmények teljesen más helyzetet hangsúlyoznak ki a romániai részen, mint amilyet Szlatinán észleltek. Máramarossziget teljes területe stabil állapotot mutat és nincs olyan része a városnak, amelyek földrajzilag felismerhető mintázatot mutatna a felszínmozgásban. Elszórt területeken néhány instabil pont érzékelhető. Ez azt jelenti, hogy a feltárt helyi instabilitás nagy valószínűséggel egy-egy épület szerkezeti problémáival vagy lejtőviszonyokkal függ össze.**
- **A szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos területek egy korszerűsített hidrodinamikai modelljét fejlesztették ki, mely 5 rétegre (geológiai egységek- képződmények) vonatkozó információkat tartalmaz a sebességvektorok térképeivel, a talajvízszint izolált vonalaival, a két víztartó réteg (Négytagú és Tordoni) áramlási vonalakkal, a különböző rangú tektonikai zavarok figyelembevételével és anélkül.**
- **A hidrodinamikai modellezés a tektonikus zavarok (törések) figyelembevételével a modellben kimutatta a modell talajvíz áramlási vonalainak deformációját, ami a vízcsere növekedését jelzi a törési zónák területein. Ez felgyorsíthatja és fokozhatja a sós víz terjedését a víztartó rétegekben.**
- **Számos inverz probléma megoldásának eredményei alapján megállapították, hogy a modellben reprodukált hidrodinamikai helyzet kellő valószínűséggel tükrözi a természetes viszonyokat, így a kapott modell gyakorlati problémák megoldására is használható.**
- **A létrehozott hidrodinamikai modell lehetővé tette a hidrológiai és hidrogeológiai megfigyelési pontok hálózatának meghatározását, mely optimális esetben szükséges az informatív és megbízható megfigyeléshez.**
- **A megfigyelési rendszer működtetése szükséges a természeti erőforrások (sós víz és kősó) fenntartható használatához és a felszíni, valamint a felszín alatti vízszennyezés határokon átnyúló terjedése elleni védelemhez.**
- **A kapott vizsgálati eredmények alapján (terepmegfigyelések, távérzékelési műholdas radaros megfigyelési adatok elemzése, geológiai és hidrodinamikai modellezés) kidolgozták a komplex megfigyelési rendszer tervét, mely illeszkedik a szélesebb regionális keretbe a felszíni és felszín alatti víz minőségi és mennyiségi változásainak és a talajfelszín deformációinak nyomon követésére Szlatina területén.**

Fő javaslatok

- ➢ **Figyelembe véve a bonyolult geoökológiai helyzetet, a szlatinai sókupola szerkezet és a szomszédos területek állandó komplex megfigyelőrendszerének fejlesztése és működtetése az elsődleges cél.**
- ➢ **Szlatina revitalizációjának ökológiai-technogén és társadalmi-gazdasági paramétereit egy információs és hatékony megfigyelőrendszer előzetes létrehozása után kell értékelni, az altalaj egyensúlyi geodinamikai állapotába való hosszútávú (több tíz év) átmenet nagy valószínűségű tér és időbeli értékelésének lehetőségével ezen a területen.**
- Ez a téma további kutatás tárgyát képezi, **hogy kiderítsük, hogy környezetvédelmi és gazdasági szempontból megvalósítható-e a sóbányászat újjáépítésének támogatása.** Szigorú és jobban fejlett megfigyelést kell alkalmazni pozitív válaszok esetén.
- A bányászat a területnek és annak szélesebb régiónak közös kulturális örökségének is tekinthető, beleértve a szlatinai közösséget is, mely támogatja a nemzetközi turizmust.
- A korábbi bányászati létesítmények és helyiségek egy része innovatív sport és szabadidős fejlesztések célpontja lehet, mint például extrém sportok, városi játékok, szabadulószobák, színház stb., valamint interaktív szabadtéri és földalatti kiállítások. Egy alapos és megfelelő kockázatértékelést kell végezni a döntések meghozatala és a tevékenységek megkezdése előtt.
- Próbáljuk meg jobban építeni a határon átnyúló Máramarossziget övezetében rejlő lehetőségeket, különösen a munkaerő- és diákmobilitás, valamint a kereskedelem területén, határon átnyúló intézményesített együttműködési formák és irányítási struktúrák (pl. városi platform) kezdeményezésével.
- A városi funkciókra, intézményekre, regionális jelentőségű szolgáltatásokra (turisztikai létesítmények, kórházak stb.) és látványosságokra fektetni hangsúlyt a városfejlesztés fenntartása és erősítése érdekében.
- A Tisza-medence közös kihívásainak irányítása és határokon átnyúló kezelése megoldható; erősebb együttműködésre van szükség a víz- és a kockázatkezelés területén.
- Az áthelyezéseknek és minden nagyobb léptékű fejlesztésnek figyelembe kell venni a településen belüli szélesebb társadalmi-gazdasági kapcsolatokat, a városszerkezetet és a közösségi kapcsolatokat és támogatni kell a területileg integrált megközelítést, amely túlmutat az egyes épületek kizárólagos lebontásán és felépítésén.

- A körforgásos gazdasági megközelítések ösztönzése, először a hulladékfeldolgozás javításával, mely további munkahelyeket és jövedelmet is biztosíthat.
- Az illegális ad hoc hulladéklerakók és feltöltött víznyelők felszámolása a Tisza árterén Szlatina környékén. Megpróbálni a kidobott anyagok és hulladék újrahasznosítását vagy újrafelhasználását.
- Létrehozni egy új, modern, uniós szabványnak megfelelő hulladéklerakót, a folyótól és a sóbányától távolabb, valamint a felszíni és felszín alatti vizek védelme a szennyezéstől és az átviteltől.
- Tudatosságnövelő tevékenységek támogatása (pl. hulladékgyűjtési és újrahasznosítási versenyek révén).
- Jobb alapot adni a nemzetközi kapcsolatoknak, beleértve a kereskedelmet, turizmust és a kultúrát a Szlatinán rendelkezésre álló többnyelvű és multikulturális környezetben.
- További vizsgálat témáját képezi annak kiderítése, hogy környezetvédelmi és gazdasági szempontból megvalósítható-e a sóbányászat újjáépítésének támogatása. Pozitív válaszok esetén szigorú ellenőrzést kell végezni.
- A bányászat a település és a szélesebb régió közös kulturális örökségének is tekinthető, beleértvé a szlatinai közösséget is, mely támogatja a nemzetközi turizmust.
- A szennyezés forrásait ér terjedését lokalizálni kell, hogy a szennyezés ne tegye lehetetlenné vagy legalábbis kevésbé vonzóvá a turizmust.
- **A természeti erőforrások használatának feltételeinek/rendszerének megteremtése az égészségturizmus (orvosi, rehabilitációs, rekreációs) számára olyan korlátok között, melyek nem jelentenek további életkockázatot és nem járnak negatív következményekkel a környezetre (elsősorban a szennyezés terjedésével).**
- **A sósvíz balneológiai célú legalizált felhasználásának megfontolása.**
- **A karsztvíznyelőkből származó sósvíz, mint altalaj (ásványi nyersanyag) felhasználási forma felhasználási eljárásának, elszámolásának/ ellenőrzésének és technológiájának javítása a környezetkímélő elvezetésük, valamint elhelyezésük problémájának megoldásával (esetleg bányaaknákba történő visszavezetéssel vagy a Tisza folyótól**

lefelé a városon kívüli polderrendszer kialakításával).

- **A hidrodinamikai modell lett az alapja a monitoring hidrológiai megfigyelési pontok és hidrogeológiai kutak hálózatának, számának és térbeli elhelyezkedésének meghatározásához a monitoring rendszer és a megfigyelési rendszer kidolgozott tervével összhangban (lásd a 3.9.3. alfejezet 70. ábráját).**
- **A kifejlesztett hidrodinamikai modell alkalmazása egy folyamatosan frissített hidrodinamikai modell alapjaként, a szlatinai kősó lelőhely és környéke komplex monitoring rendszerének elemeként, a természeti erőforrások fenntartható kezelése és felhasználása céljából.**
- **Ajánlott egy Komplex Monitoring Rendszer létrehozása, mely magába foglalja a talajfelszín deformációinak DInSAR segítségével történő nyomon követését; hidrológiai és hidrogeológiai monitoring (vízmennyiség és –minőség); geofizikai felmérés (mikrogravitációs, geoelekrtomos és szeizmikus módszerek); geodéziai felmérés; a veszélyes geológiai folyamtok kialakulásának helyszíni ellenőrzése; modellezés (a hidrodinamikai modell naprakész fejlesztése); kockázatértékelés, a védelmi mérések előzetes alátámasztása.**
- **Az integrált állandó hidrodinamikai modellt tartalmazó megfigyelőrendszer megvalósításának a szlatinai település természeti erőforrásainak –sósvíznek és kősónak- a fenntartható gazdasági és társadalmi fejlődés fő tényezőjeként való kezelésének eszközévé kell válnia.**

Végül a projekt <u>első szakasza</u> a probléma nyomon követésére és vizsgálatára, valamint a probléma okainak és szennyező anyagok terjedésének felderítésére irányult a területen.

Javasoljuk a projekt második szakaszát, mely a vizsgált területen és a Tisza folyóban a sós vízzel való gazdálkodás különböző technikáit vizsgálja. Ezután kiválasztaná és megtervezné a legjobb technikát, mely társadalmi, gazdasági és környezeti szempontok alapján a terület szennyezés elleni védelmére alkalmazható.

Rövidítések listája

CBC: Határon átnyúló együttműködés

CESCI: A határon átnyúló kezdeményezések közép-európai szolgálata

DInSAR: Differenciális interferometriai elemzés adatai

DG ECHO – Polgárvédelmi és humanitárius segélyezési főigazgatóság

/EQS – Környezetminőségi szabvány a vízpolitika területén (az EP és a Tanács /EK irányelve) 2008. december 16. EU: Európai Unió

EUSDR: Az Európai Unió Duna Régió Stratégiája

EUSDR PA4: A 4, prioritási terület „A vízminőség helyreállítása és fenntartása” a Duna Régióban

EUSDR PA5: Az 5. prioritási terület „Környezeti kockázatok” kérdései a Duna Régióban

ICPDR: Nemzetközi Duna Védelmi Bizottság (székhely: Bécs)

IGS NASU: Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia Földtani Tudományok Intézete

ImProDiReT – A katasztrófakockázat csökkentésének javítása Kárpátalján

PS: Állandó szórások

SAR: Szintetikus apertúrájú radar

SBAS: Kis alapértelmezett részhalmaz

SMEs: Kis és közepes méretű vállalkozások

SWQS: Felszíni vízminőség szabvány

TEN-T: Transzeurópai Közlekedési Hálózat

UAH/hrn: Ukrán hrivnya

UCPM – Az Európai Unió Polgárvédelmi Mechanizmusa

UNESCO – Az Egyesült Nemzetek Nevelésügyi Tudományos és Kulturális Szervezete

Tartalomjegyzék

Rövidítések listája 19

Tartalomjegyzék..... 21

1. Háttér ……..... 24

1.1. A sóbánya rövid története (terület)..... 24

1.2.A probléma első transznacionális jelzései 27

1.3. Az EU válasza és az első bevetések 30

1.4. UCPM tanácsadói küldetés-az uniós misszió kockázatértékelésének főbb megállapításai . 30

1.5.A releváns projektek eredményei 33

1.6. AZ EU Duna-régióra vonatkozó stratégiájának támogatása 4. és 5. prioritási terület 35

2.Szlatinai elemzés... 37

2.1 Földrajzi és környezeti jellemzők……. 37

2.1.1. Általános áttekintés a helyszínről és a főbb tájképi jellemzőkről 37

2.1.2. Település és közlekedési hálózat, városi funkciók… 39

2.1.3. Lakhatás…. 43

2.1.4.Környezetvédelem……..... 45

2.1.5. Hulladék és szennyvíz gazdálodás…..... 47

2.2. Népességstruktúra… 50

2.2.1. Demográfiai szituáció…..... 50

2.2.2. Etnikai struktúra..... 56

2.3. Gazdasági struktúra 60

2.3.1. Vállalkozások..... 60

2.3.2. Foglalkoztatás 66

2.3.3. Sóbányászat ipara…. 70

2.3.4. Mezőgazdaság..... 72

2.3.5. Turisztikai ágazat 73

3 A REVITAL1 projekt eredményei 77

3.1 A terepbejárások és tapasztalatok eredményei 77

3.2 A talajdeformációs térképezés eredményei..... 84

3.2.1 A felszíni mozgások értékelése… 84

3.2.2. A talajdeformációs térképezés eredményei..... 90

3.3 Geofizikai és geológiai felmérés …..... 101

3.3.1 Geofizikai felmérés 101

3.3.2 Geológiai felmérés 107

3.3.3 A sóbányászat hatása a területföldrajzára……. 115

3.4 Hidrogeológiai mérések……. 116

3.4.1 A sekély felszín alatti vizek és a Tisza folyó felmérése..... 120

3.4.2 Kémiai mérések (Fekete Mocsár, kráterek, aknák, allúvium, mely összeköttetésben van a Tisza folyóval) 123

3.5 Az alkalmazott UX-robot technológiai eredménye 136

3.5.1. A merülések eredményei..... 138

3.5.2. A 9. és a 10. szellőzőakna szerkezeti állapota…… 142

3.6. Hidrogeológiai / hidrodinamikai modelelzés..... 143

3.6.1. A szlatinai kősó lelőhely előzetes hidrodinamikai modellje…….. 143

3.6.2. A szlatinai kősó lelőhely hidrodinamikai modelljének javítása GIS használatával 146

3.7 Szennyezőanyag szállítás modellezése 155

3.9 Helyi komplex megfigyelési terv..... 175

3.9.1. Környezeti állapotfigyelés Szlatinán: célok, szabályok, funkciók 175

3.9.2. A szlatinai vizek megfigyelésére vonatkozó elképzelések 180

3.9.3. Komplex megfigyelési rendszer terve a szlatinai sóbánya területére és környezetére 181

4. Eredmények és következmények összefoglalása 188

4.1 Megfelelő és fenntartható sósvíz gazdálkodás… 188

4.2 Földmozgások és vagyonvédelem (épületek, infrastruktúrák)…. 190

4.3 Környezetvédelem……..... 191

4.3.1 Szilárd hulladékgazdálkodás..... 191

4.3.2 A Tisza folyó védelme……..... 192

1. Háttér

1.1. A sóbánya rövid története (terület)

A szlatinai lelőhelyen a Római Birodalom idejétől kezdve bányászták a kúp alakú gödrökben a kősót, melyek a lelőhely nyugati szélén maradtak fenn [Ivanchenko et al., 1967]. A lelőhely (bányák) földalatti fejlesztése a 18. század második felében kezdődött. Az első sekély bányákat a régióban 1745-ben kezdték építeni (Olekszandrivka falu, Georgy bánya) [Kityk et al., 1983]. A város neve- Salzgruben (németül „salz" -só),Slatina (Román), Faluszlatina-Aknaszlatina (magyar), Selo Slatina+ Slatinské Doly (szlovák)- különböző nyelvekben a „só" gyököt tartalmazza. A szlatinai lelőhelyen 1778-ban kezdődött meg a sókitermelés szisztematikus fejlesztése. A bányák többsége a lelőhely központi részén találhatók. A szlatinai sókupolaszerkezeten belül összesen 9 bánya működött. Az alábbiakban a sóbányászat rövid leírása következik.

Az 1778-ban elkészült 1. számú „Khrystyna" bánya az első földalatti bánya a lelőhelyen [Ivanchenko et al., 1967]. 1778-1781-ig bányásztak sót. A bányászati műveleteket a kősó nagy mennyiségű agyaganyagának jelenléte miatt leállították és a bányát feltöltötték.

A 2. számú „Albert" bánya 1781-ben épült a „Khrystyina" bánya közelében. Itt is többnyire szennyezett sót tártak fel, ezért bezárták. A sót 1781-1789 között bányászták. Később a bányát elárasztotta a talajvíz, így 1870-ben felszámolták.

A 3. és 4. számú „Kunihunda" és „Mykola" bányákat 1790-ben, illetve 1799-ben építették. Kapcsolódtak egymáshoz és a sót egy kb 180 m magas kamrában bányászták. A sót 1905-ig bányászták. A kamra aljának abszolút jele A.F. Jelizarova szerint +160 m volt [Elizarov, 1955]. 1903-ban a bányába víz kezdett befolyni, 1908-ban elárasztották, majd később feltöltötték.

Az 5. számú „Yosyf" bánya 1804-ben épült „Khrystina" bányától keletre. A bánya 1850-ig működött, majd a kősó alacsony minősége miatt bezárták. A sótartalékok és a bánya tartalékká vált. 1895-ben a bányát elárasztotta a víz.

A 6. számú „Old Liudvih" bánya 1804-ben készült el. A sót 1810-ig bányászták, A só alacsony minősége miatt a bányát bezárták.

A 7. számú „Frantishek" bányát (később Hruscsovról elnevezett) 1809-ben nyitották meg.

1862-ben egy vasútvonalat kötöttek a bányához, 1870-ben pedig gépesítették a só kitermelését. A bánya 1955-ig működött. Az első és második szintet bányászták ki, és a harmadik szinthez egy emelkedőt szereltek fel. Az első szint abszolút +53 m értéken volt, a másodikat, melynek +75,8 m az abszolút értéke, 1923-tól bányászták. A kősó lelőhely feltárását harang alakú földalatti kamrák segítségével végezték. Később a bányászatot négyszögletes kamrákkal végezték, melyek alakjai a mai napig megmaradtak. A kamrák magassága elérte a 110-120 métert, ami a támasztócellák kis méretével együtt a bánya aknájának deformációját, a repedések megjelenését majd később a támasztócellák összeomlását okozta. Ennek eredményeképpen a 7. számú bányát 1953-ban konzerválták, 1955-ben pedig bezárták és elárasztotta a víz.

A 8. számú „New Liudvih" (Később Sztálinról elnevezett) bánya 1886-tól 2006-ig működött. A 9. számú bányát 1962-ben kezdték el építeni. 2008-ig a bánya hatékonyan működött. A lelőhelyet kamrás sókitermelő rendszerrel fejlesztették ki. Az 1990-es évek közepétől a lelőhelyen hidrogeológiai és mérnöki-geológiai problémák léptek fel, melyek az ember okozta veszélyes ökológiai helyzethez vezettek (Ukrajna Rendkívüli Helyzetek Minisztériumának 2010.12.09-i 02-17292/165 számú szakértői következtetése; Ukrajna Állami Szolgálatának Rendkívüli Helyzetek Szakértői Következtetése 3-2013; A Kárpátaljai Regionális Bizottság Technogén és Környezetbiztonsági és Rendkívüli Helyzetek Bizottsága 2013.04.29-i határozata). Ennek következtében leállt a munka az állami „Szlatinai Sóbányában", Leállt az Ukrán Egészségügyi Minisztérium Ukrán Allergológiai Korháza és a regionális korház speleoszanatórium földalatti részlegeinek működése és megszűnt az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia Nukleáris Kutatási Intézetének elemi részecskék vizsgálatára szolgáló egyedülálló, alacsony háttérrel rendelkező laboratóriuma.

A szlatinai lelőhelyen a működő bányákon kívül számos vízelvezető bánya, akna és alagút, valamint földalatti vízelvezető létesítmények szerteágazó hálózata is átvezetésre került, összesen 18 000 folyóméter hosszúságban. A régi bányák melletti területen és az intenzívebb talajvízmozgással érintett helyeken karsztos víznyelők alakultak ki.

1 táblázat.. *A szlatinai kősó lelőhely bányáinak alapvető működési adatai*

[Shekhunova et al., 2015, https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791]

Bánya neve	Bánya kitermelésének évei	Bánya felszámolásának éve	Működő szintek száma	Bánya alap abszolút értéke, m	Kamrák száma	Kamrák mérete, m			Inter kamra cellák szélessége, m	Plafon magasság, m
						Hossz	Szélesség	Magasság		
"Khrystyna", №1	1778-1781	Nem maradtak fenn geológiai anyagok és működési adatok								
"Albert", №2	1781-1789	1870	1	+200	1	70	8-12	-		
"Kunihunda", №3	1790-1905	1908	1	+160	1	380-390	16-32	125-130		
"Mykola", №4	1799-1905	1908								
"Yosyf", №5	1804-1850	1895	2	-	-	100-105	30	-		8-20
"Old Liudvih" №6	1804-1810	1930	1	+207	1	35	35	18		
"Frantishek",	1809-1953	1955	2+1*	+129	8	45-120	35	110	10-30	12-32
"Khrushchev" №7	1923-1953			+75,8	8	45	13	40	20-40	12
"New Liudvih", "Stalin",	1886-2006	2007	4+1*	+162,4	8	50	25	39-40	35-45	40-60
				+100	20	45-50	25	60	30-35	20
№8				-23	20	40-130	20	65	30-35	20
				-81	20	40-100	20	65	30-35	20
№ 9	1977-2008	2010	2	-81	18	55-315	15-20	68	30-35	
				-146						

* – tervezett, de meg nem épített működési szintek

Következtetések

- **Szlatina települési övezete követlenül a sókupola diapír szerkezet geodinamikailag aktív részével határos vagy abba lép be, melynek magja kijáratokkal rendelkezik a felszínre;**
- **A földfelszínt a hosszútávú aktív bányászati műveletek eredményeként a fúrási és robbantási technológiák alkalmazásával a lelőhely kialakulásának utolsó szakaszában bányák és egyéb munkálatok, víznyelők és karszt felszín alatti víznyelők zavarják;**
- **Több, mint 140 helyi karsztfejlődési terület van, melyek összterülete meghaladja a 11,22 hektárt és a karsztnyílások és bányaomlások mennyisége több, mint 5 millió köbmétert tesz ki.**

Javaslatok

A szlatinai település revitalizációjának ökológiai-technogén és társadalmi-gazdasági paraméterét egy olyan információs és hatékony megfigyelőrendszer előzetes létrehozása után kell értékelni, mely lehetővé teszi az altalaj hosszútávú (több tíz éves) egyensúlyi geodinamikai állapotba való átmenetének nagy valószínűségű tér-időbeli értékelését ezen a területen.

1.2. A problémák első transznacionális jelzései

2007 és 2010 között két működő bánya elárasztása, hatalmas földfelszíni rések és más veszélyes geológiai jelenségek jöttek létre a „Szlatinai Sóbánya" állami vállalat tevékenységi területén. Ukrajna Vészhelyzeti Minisztériumának szakértői véleménye ezt az ökológiai katasztrófát állami szintű vészhelyzetként határozta meg (2010, december 3-i 14. számú jegyzőkönyv)

Az ukrajnai Kárpátalján, Szlatinán található ásványi sólelőhely hidrogeológiai és geotechnikai viszonyai a jelentések szerint bizonytalanok. Az oldódási folyamat és a bányászati munkálatok következtében számos fölalatti üreg és víznyelő alakult ki.

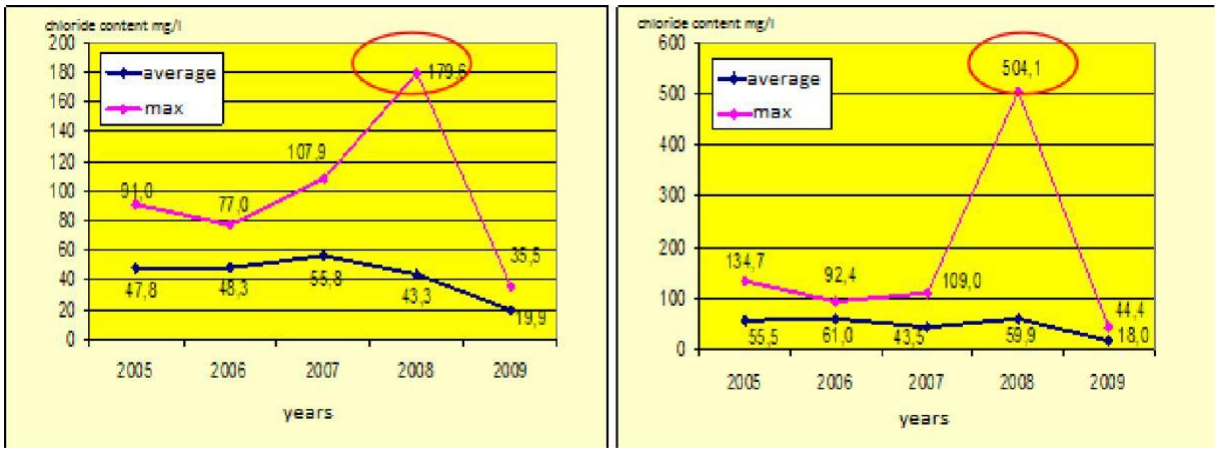
Hivatalos adatok szerint a leromlott terület mintegy 300 lakóházat, 1 iskolát, 1 óvodát, 2 önkormányzati intézményt, villanyvezetékeket, a gázvezetékhálózatot, helyi utakat és 1 temetőt foglal magába. 70 lakóház áttelepítését kezdeményezték, de a lakosokat vallási vagy családi okokból nem telepítették át; ez jól mutatja a terület sokféle kulturális és társadalmi áramlatát.

2010 decemberében a Kárpátaljai Regionális Államigazgatás határozata értelmében a szlatinai sóbányák terültén zajló veszélyes exogén geológiai folyamatokkal kapcsolatos helyzetet vészhelyzetnek minősítették. Később ezt a határozatot az Ukrán Rendkívüli Helyzetek Minisztériuménak szakértői jelentése (2010.12.09-i 02-17292/165. sz.) jóváhagyta. Ennek következtében a minisztérium állami szinten környezeti katasztrófát jelentett be.

A bécsi Nemzetközi Duna Védelmi Bizottság (ICPDR) által összeállított és közzétett, 2011-es Integrált Tisza Medence Gazdálkodási Terv jelentése szerint: *„A Tisza Folyó Medence gazdag biológiai sokféleséggel van megáldva, köztük számos olyan fajjal, mely Nyugat-Európában más nem fordul elő. A régió olyan kiemelkedő természeti ökológiai értékekkel rendelkezik, mint például a 167 nagyobb ökoszisztémából álló egyedülálló édesvízi élőhelyek és a több mint 300 part menti vizes élőhely”.*

2008-ban új SWYS (felszí vízminőségi szabvány) szabványt javasoltak a kloridra – 200 mg/l, mint a jó felszíni vízminőségűnek nyilvánítás küszöbértékeként.

A Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (Nyíregyháza, Magyarország) mérései 2008-ban e küszöbérték feletti maximális kloridkoncentrációt mutattak (lásd az alábbi releváns ábrák) (több, mint 500 mg/l Técsőnél, 35 folyókilométerrel Szlatinától folyásirányban)



1. Ábra *A Tiszán mért maximális és átlagos kloridtartalom értékei (**EQS =** 50 **mg/l**) - bal: Az Ukrán-Magyar határon (Tiszabecsnél/ Вилок, 104folyókilométer Szlatinától), jobb: Тячів/Técsőnél (35folyókilométer Szlatinától) (hivatalos levél alapján a Magyarország és Ukrajna közötti határon átnyúló vízügyi kérdésekben illetékes magyar kormánybiztosnak a Tisza sós szennyezése ügyében 2009. május 15-én Szlatinán tett helyszíni szemléjéről)*

A szlatinai aktív bányászat lezárását követően a klorid éves átlagos koncentrációja csökkent. így különbséget kell tehát tenni a pillanatnyi csúcskoncentrációk (az évszakos jelleg figyelembevételével is) és a folyóvíz hosszútávú általános kloridkoncentrációja között.

A Tisza magas vízszintjénél, azaz árvizek idején (vagy az évszakos változások miatt) a szlatinai bányaterület allúviumában a nyomásgradiensek befolyásolják a vízszintet. Ez különösen igaz a Tisza árterére, ami valószínűleg az allúviumban levő sós víz mobilizációjához vezet (hiporeikus áramlás). Különösen egy hosszabb száraz időszakot (több év) követően a (hiper) sós víz mobilizációja a Tisza folyó sóstartalmának csúcsértékéhez vezethet egy árvízi eseményt megelőzően.

Mindkét forgatókönyv károsíthatja a folyásirányban lévő növény- és állatvilágot, a hatás azonban a koncentrációtól és az időtől függ. A hosszútávú szennyezés tovább befolyásolná a folyásirányban lévő ivóvízellátó kutakat, a mezőgazdasági területek sósodását, és visszafordíthatatlan hatással lehet a növény- és állatvilágra.

A Tisza magasabb kloridszintjéhez vezető folyamatok egy rész a sókupola feloldódása miatt bekövetkezett normális sóbeáramlásnak tekinthető. Habár a bányászati tevékenység okozta zavar fokozta a karsztosodást és a sókupola felszínének feloldódását. A természetes időjárás felgyorsult. Várhatóan az alapkoncentráció kismértékben emelkedik, de az is lehet, hogy beállt egy egyensúlyi állapot, amely ezért a Tisza vízszintjének ingadozásának megfelelően mindig változni fog.

A hipersós víz mozgósítása egy viszonylag száraz időjárási időszak után, melyet hosszú, intenzív esőzések követnek, hiteles és az időjárási minták szerint még valószínűbb változás. Ezért valószínű, hogy ez az esemény bekövetkezik.

A Tisza nagyobb áradásainak válószínűsége az éghajlatváltozás miatt kiszámíthatatlan (hirtelen áradások). Ez esetleg olyan esemény lehet, mely a hipersós víz mozgósításának folyamatát eredményezi. Ebben az esetben a folyó kloridkoncentrációja az árvíz után emelkedni fog. A szlatinai sókupola körül kialakult helyzet már most is hozzájárul a Tisza folyóra gyakorolt hatáshoz.

Valószínűsíthető, hogy az esemény magasabb kloridkoncentráció emelkedése ilyen esetben hozzájárulhat a folyásirányban lévő küszöbérték túllépéséhez.

1.3. EU válasza és az első bevetések

2016. január 12-én történt, hogy a magyar és az ukrán polgárvédelmi hatóságok levélben fordultak a humanitárius segítségnyújtásért és válságkezelésért felelős biztos, Hrisztosz Sztilianidészhez az ukrajnai szlatinai sóbányakomplexumban történt, határokon átnyúló környezetszennyezéssel kapcsolatos aggályok miatt.

Az Unió Polgárvédelmi Mechanizmus (UCPM) történetében először aktiválta az UCPM-et egy tagállam és egy nem uniós tagállam. Az UCPM július 2. és 9. között felderítő küldetést indított a nemzeti hatóságok támogatása és a közös segítségnyújtási kérelemre való reagálás céljából. Ezzel egyidejűleg a magyar hatóságok egy kisebb szakértői csoportot küldtek a jövőbeli tevékenységek megerősítésére es az UCPL csoport támogatására a Hatáskör kidolgozásában. A felmérő küldetés technikai jelentést készített, melyet megosztottak az UCPM tagállamaival és a részt vevő államokkal, valamint az ukrán hatóságokkal és elkészítették a tanácsadói küldetés „Hatáskör" tervezetét.

A felmérő kutatás megállapításai alapján úgy döntöttek, hogy tanácsadói küldetést küldenek „a szlatinai sóbányák területének átfogó kockázatértékelése" céljából. A kiküldetésre 2016. szeptember 14. és október 7. között került sor.

1.4. UCPM tanácsadói küldetés- az EU küldetés kockázatértékelésének főbb megállapításai

Az EU Polgárvédelmi Csoportjának missziója során a következő megállapításokra jutottak (UCPM, az ukrajnai „Szlatinai sóbánya területe" Kockázatértékelési jelentés):

1. Ember által végzett tevékenységek a természetes folyamatokkal együtt a bánya és a környező terület általános pusztulásához vezettek. Ez a folyamat még mindig tart anélkül, hogy aktívan kezelnék.
2. A teljes terület rendkívül összetett a hidrogeológiai rendszerek és a földtani szerkezet szempontjából, beleértve a domborzat emelkedését, a karsztosodást és a (felszí alatti) vízfolyásokat. Ezért további vizsgálatokra és értékelésekre van szükség a hitelesebb megértéshez
3. Az elavult bányászati technológiák és gyakorlatok, valamint több éven át zajló, ellenőrizhetetlen és irányítatlan bányászati folyamatok következményei vezettek az

általános helyzethez és a szükségállapothoz. A sóforrások hatékony és környezeti szempontból fenntartható felhasználásának lehetősége azonban életképes lehet.

4. A rosszul irányított fejlesztés és földhasználat hozzájárul a problémák összetettségéhez és az általános helyzethez.
5. A kockázatértékelési folyamat során azonosították a bizonytalanság és a sebezhetőség fő területeit és az EUCPT számos ajánlást tudott megfogalmazni a bizonytalanságok csökkentése és kezelése, valamint a következő lépések és a lehetséges további intézkedések/programok bevezetése érdekében.
6. Elismerték a megfelelő és életképes megfigyelőrendszer szükségességét és az ajánlásokat az EU Duna Régióra vonatkozó stratégiája (EUSDR) „védeni a környezetet" pillérének koordinációja keretében fogalmazták meg.
7. Bár az EUCPT a bányászati tevékenység 2010-es befejezése óta nem állapított meg jelentős mértékű sóbejutást a Tiszába a vizsgált területről, további kutatásra és rendszeres ellenőrzésre van szükség.
8. A háztartási és ipari hulladékok lerakása a bányában és a környező területeken (a felmérő küldetés óta jelentős növekedést tapasztaltak), ami potenciális kockázatot jelent az egészségre és a környezetre nézve.
9. Az EUCPT nem tudott meggyőző észrevételeket tenni az ellenőrző látogatásból származó azonnali ajánlások nyomon követésével kapcsolatban. Az ukrán érdekelt felek (minden szinten) azonban pozitívan bátorították és várakozásukat fejezték ki, hogy a „Kockázatértékelésről" szóló végleges tanácsadói jelentés platformként szolgáljon az azonnali ajánlások és a szlatinai bányában és a környező területeken kialakult helyzet megoldására irányuló lehetséges jövőbeli intézkedések továbbviteléhez és kezeléséhez.
10. Az EUCPT kidolgozta és rögzítette a régebbi adatok digitális archívumát, valamint aktiválta Copernicus műholdas térképezési képességének vészhelyzeti és Kockázat/Helyreállítási üzemmódját beleértve a radar adatokat is.

Az általános következtetés az, hogy a veszélyeztetett területen élő lakosság sebezhetősége magas. A bányászati területből jelentős bizonytalanságok adódnak az omlások (kráterek), víznyelők és esetleges fölcsuszamlások tekintetében, melyek vagy közvetlen hatással lehetnek az épületekre, házakra és egyéb építményekre (infrastruktúra), valamint a társadalomra és a gazdaságra gyakorolt következményekkel járhatnak.

További megállapítás, hogy a háztartási és ipari hulladék széles körű elterjedése potenciális veszélyt jelent az egészségre és a környezetre.

Ugyanez a jelentés számos ajánlást tartalmazott és ezek is a Revital I. projekt kidolgozásának és benyújtásának fő tényezői közé tartoznak. Nem minden ajánlás áll készen a projekt azonnali végrehajtására, de a legfontosabbak elengedhetetlenek voltak az EUCPT munkájának és ajánlásainak továbbvitele szempontjából:

1. Hosszútávú megfigyelőrendszer bevezetése, mely többek között a következőket foglalja magába:

- Megfigyelés, hogy megállapítsuk a megfigyelés paramétereinek „referenciaértékét".
- Közös platformra szállított talajmozgások és talajszintek, beleértve a földcsuszamlásokat;
- A felszín alatti víz minőségi paraméterei és a felszín alatti vízszintek;
- A sérülékeny kritikus infrastruktúrák és házak megfigyelésének mérlegelése

2. Proaktív, összehangolt, rövid és középtávú kárenyhítési tervezés végzése a megfigyelési és sebezhetőségi programokkal együtt.

3. Proaktív együttműködés az EUSDR-rel (rövid- és hosszútávon) az alábbiak révén:

- Rendszeres adat- és információcsere kialakítása;
- Az ajánlott megfigyelőrendszer finanszírozási lehetőségeinek feltárása

4. Részletes geológiai, hidrogeológiai, litológiai és geomechanikai modell készítése, beleértve többek között a következőket (rövid távú és folyamatos)

- További veszélyforrás feltérképezése;
- A hidrogeológiai ismeretek további fejlesztése, beleértve a szezonalitást és a karsztos folyamatokat is
- A Fekete Mocsár és a bányászati terület közötti kapcsolat további vizsgálata és egy megfigyelőhálózat létrehozása, beleértve a vízszintet és a vízminőséget, például a vízgyűjtő és a csapadék viszonyát

5. ***A földhasználati terv földhasználati gazdálkodási tervként történő felülvizsgálata (közép- és hosszútávon), mely többek között a következőket tartalmazza:***
   - Az építési szabályzatok erőteljes alkalmazása és az építési törvények végrehajtása
   - Felmérés az építőmérnöki programokkal történő kárenyhítésről
   - Vészhelyzeti tervezés a kritikus infrastruktúra helyreállítására és üzletmenet-folytonosság tervezésére

6. ***Közbiztonság (rövid távú intézkedés, de folyamatos), többek között***
   - A bányászati terület és a környező területek veszélyeiről és kockázatiról szóló figyelemfelkeltő kampány javítása
   - A helyi lakosság bevonása a döntéshozatali folyamathoz kapcsolódó további kockázatértékelésbe

7. ***Megbízható hulladékgazdálkodási terv kidolgozása, végrehajtása és fenntartása (közép- és hosszútávon) beleértve a következőket is:***
   - Háztartási és kereskedelmi hulladék
   - Szennyvízrendszer
   - Földalatti szénhidrogéntároló (volt szovjet katonai bázis)

8. ***Megfontolni egy környezeti szempontból fenntartható gazdaságfejlesztési terv kidolgozását (közép- és hosszútávon) beleértve a következőket;***
   - A szlatinai bánya és környékének feltárása
   - A szabadidős (tó) terület
   - A sóforrások (sósvíz és kősó) hatékony felhasználása egészségügyi célokra (kórház: speleoterápia)
   - Az ipari örökség figyelembevétele és régi bányászati ipari régészet megőrzése érdekében

1.5. Releváns projektek eredményei

A Katasztrófakockázat csökkentésének javítása Kárpátalján (ImProDiReT)

Az ImProDiRet egy kétéves projekt volt, melyet az Európai Polgárvédelmi és Humanitárius Segélyezési Főigazgatóság (DG ECHO) finanszírozott (75%).

A projekt célja az volt, hogy új megközelítéseket és módszereket fejlesszen ki a Katasztrófakockázat Csökkentési (DRR) stratégiák közös kidolgozására több érdekelt fél bevonásával. A projekt időtartama 2018. március 1. és 2020. február 29. között volt. A projekt küldetése az volt, hogy kifejlesszenek egy a kárpátaljai emberek, környezetük, vagyonuk és kulturális örökségük védelmét és ellenállóképességének növelését elősegítő, összehangolt, közösségi Katasztrófakockázat Csökkentési (DRR) tervet.

Az Unió Polgárvédelmi Mechanizmusa (UCPM) Megelőzési és Felkészültségi Programja által társfinanszírozott, nemrégiben befejezett IMProDiReT projekt közösségi alapú módszereket dolgozott ki a kockázatkezelési struktúrák javítására és a helyi lakosság katasztrófakockázatokkal kapcsolatos tudatosságának növelésére Szlatina faluban és a tágabb kárpátaljai régióban. Több veszélyt érintő kockázatfelmérés, a kockázatfelmérés, a kockázatértékelés és a befogadó döntéshozatali megközelítés révén a projekt kulcsfontosságú szerepet játszott a helyi, nemzeti, regionális és nemzetközi, határokon átnyúló szinten érdekelt felek összefogásában.

2020. január 29-én az ImProDiReT által szervezett Magas Szintű Szlatina konferenciát szerveztek, mely közös nyilatkozattal zárult. EZ a közös nyilatkozat kijelentette, hogy a helyzet megoldása összetett és egy olyan ügynökség felállításával kell megoldani, mely egy konkrét megbízás keretében működhet, és amely minden szinten bevonja az összes érdekelt felet. A társadalmi-gazdasági fejlődést tekintik a szlatinai vészhelyzet megszüntetésének leghatékonyabb hajtóerejének.

Az ImProDiReT projekt életciklusa során arra a következtetésre jutottak, hogy a szlatinai bányászatban (következtében) érintett valamennyi érdekelt fél között hiányos az információcsere és –megosztás. Ez az ImProDiReT projekt szerint egyfajta holtpontra vezetett a helyzet javításában. A szükségállapot még mindig fennáll és egyelőre nem találhatók válaszok, érzékelések vagy megoldások arra vonatkozóan, hogy miként lehetne feloldani a szükségállapotot.

E vélemény alapján és Kárpátalja kormányzójának támogatásával a projekt tagjai úgy döntöttek, hogy elősegítik egy magas szintű konferencia összehívását, melynek célja, hogy megtalálják a módját annak, hogy a szlatinai helyzetet „új” normális állapotba hozzák.

Arra a következtetésre jutottak, hogy:

- **Folytassuk a EUCPT tanácsadó küldöttség 2016-os javaslatainak további alkalmazását;**
- Folytassuk a lehetőség regionális szintű kihasználásának további fejlesztését és előmozdítását az EU programokon és más finanszírozási forrásokon keresztül (pl. EUSDR)

- Hozzunk létre és biztosítsunk koordinációs és ellenőrzési mechanizmust helyi, regionális és nemzeti szinten;
- Ösztönözzük a vészhelyzetre vonatkozó megoldások megtalálását;
- Tájékoztassuk a szlatinai lakosságot a szlatinai terület jelenlegi helyzetéről, valamint biztonsági és védelmi kockázatokról;
- Számoljuk fel a régi bányászati tevékenységek negatív következményeit, ami az emberekre és a környezetre jelentett kockázat csökkenéséhez vezethet;
- Hozzuk létre és tartsuk fenn a szlatinai bányaterület biztonsági és környezetvédelmi megfigyelőrendszerét;
- **Fontoljuk meg a korlátozott bányászat engedélyezését, amennyiben az nem jár negatív környezeti és biztonsági következményekkel;**
- Engedélyezzük a só és a sós víz egészségturisztikai (gyógyászati, rehabilitációs és rekreációs) célú felhasználását, amennyiben az nem jár negatív környezeti hatásokkal;

1.6. A 4. és 5. Duna-Régió Kiemelt Területére vonatkozó EU stratégia támogatása

Az Európai Unió Duna Régió Stratégiája (továbbiakban: EUSDR) 2010. december 8-án indult útjára az alapdokumentumok (Kommunikációs Jelentés, Cselekvési Terv) közzétételével és a Magyar EU Elnökség alatt, 2011 első felében megerősítésre került.

Az EUSDR lefektetett néhány alapelvet, nevezetesen célul tűzte ki, hogy az EU területi kiterjedését tekintve legnagyobb, politikai, társadalmi, gazdasági és kulturális szempontból legszínesebb vízválasztóján, alapvetően a gazdasági és szociális szférában, uniós források felhasználásával igyekszik megvalósítani a „kiegyenlítés elvét", továbbá „országpárokat" jelölt ki a problémák feltárásával és megoldásával kapcsolatos koordinációra.

Az EUSDR nemcsak a Duna, hanem a Duna-medencében fekvő országok stratégiája is, az infrastruktúráktól kezdve a környezetgazdálkodáson és a versenyképesség növelésén át a régió biztonságpolitikájának megerősítéséig.

A fent említett releváns dokumentumok szerint az EUSDR 14 Prioritási Területet határoz meg, melyek mindegyike ökológiai, gazdasági, társadalmi, biztonsági és tudásalapú kérdéseket kezel. A 14 Prioritási Terület közül kiemelve a 4. Prioritási Terület (Magyarország és Szlovákia által koordinálva) a vízminőségi kérdésekkel foglalkozik a Duna Régió egész területén (14 ország, mintegy 100 millió lakos (a vízminőség helyreállítása és fenntartása érdekében.

A másik kiemelt terület az 5. Prioritási Terület, mely a környezeti kockázatokkal foglalkozik (Magyarország és Románia által kezelt). Mindkét Prioritási Terület célja teljesmértékben relevánsak a szlatinai problémák kezelése és menedzselése szempontjából.

A vízzel kapcsolatos 4. és 5. Prioritási Területeknek kifejezetten a vízfolyásokkal kell foglalkozniuk, mint például a Duna, Tisza, Száva és a Prut folyóval (Ukrajna, Románia, Moldova). E folyók esetében hangsúlyt kap a közösen létrehozott és összehangolt stratégiai (vízgyűjtő gazdálkodási) tervek elkészítése, melyek célja a folyók és vízgyűjtők állapotának felmérése és javítása az említett projekteken keresztül is. Mivel a folyók árvízvédelmi kezelése az élet- és vagyonvédelemmel szemben prioritást élvez, így ez csak közös árvízvédelmi projekteken keresztül valósítható meg hatékonyan.

Az EUSDR alapvetően az uniós politikák céljainak megvalósítását támogatja (esetünkben az általa irányított projektek sorozatán keresztül), így a régió vizei állapotának javítása érdekében (folyók, tavak, part menti övezetek vízvédelme, a Fekete tengerrel kapcsolatban, felszín alatti vizek és a régióhoz tartozó vizes élőhelyek), teljes körű szennyvízkezelés, a tisztítástól a víztakarékos technológiák bevezetésén és a szennyező anyagok kivonásán át az árvízvédelem, az aszály és a katasztrófavédelmi stratégiákig.

A fentiek alapján nem véletlen, hogy már 2015-ben magas szintű államigazgatási delegáció látogatott a Kárpátaljai területre a Magyar Külgazdasági és Külügyminisztérium miniszteri biztosának (aki egyben az EUSDR országos vezetője) vezetésével és a 4. Prioritási Terület koordinátorának részvételével, hogy tájékozódjon a szlatinai helyzetről.

A 2015-ös látogatás után 2016-ban került sor a felmérő és a tanácsadói küldetésre. A három küldetés képezte az alapját a szlatinai helyzet kezelésének a nemzetközi projektek-ImProDiReT és REVITAL1- támogatásával.

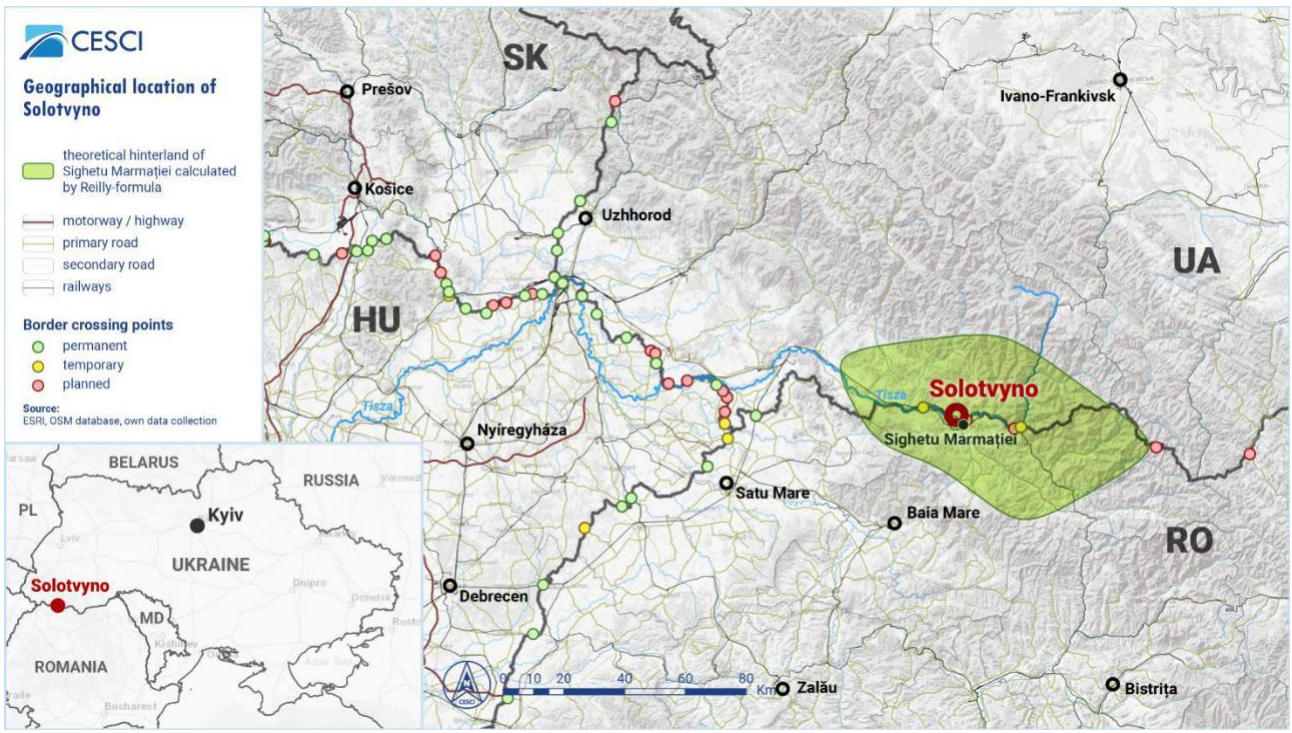
2.Szlatina elemzése

2.1 Földrajzi és környezeti jellemzők

2.1.1. Általános áttekintés a helyszínről és a főbb tájképi jellemzőkről

Szlatina település Kárpátalján található, mely Ukrajna legnyugatibb és a Kárpát-Pannon régió északkeleti része. Földrajzi adottságaiból adódóan ez a régió mindig is külső perifériának számított, messze a fő központoktól és gazdasági övezetektől. Különösen Ukrajnában Kárpátalját a Kárpátok vonulatai választják el a fővárosi régiótól, Kijevtől, ami gyenge kapcsolatot eredményez az ország többi részével Földrajzi szempontból Kárpátalja viszonylag kicsi (12 800 km2) és területének nagy része (80%-a) hegyvidéki terület 2000 méteres csúcsokkal. Ezért a régió domborzatát hegyláncok (mint a Keleti Beszkidek, a Verhovina, a Gorgany, a Csornohora, a Szvidovets, A Polina Kraszna, a Polonina Borzsava vagy a Polonina Runa), folyók (mint a Rika, a Tarac, a Borzsa, a Latorca vagy az Ung) és a folyók és patakok keskeny völgyei tagolják. A térségben csak két alföld vagy síkság található; ezek a Csap-Munkács síkság (a Nagymagyarországi síkság része) és a Máramaros medence, mely a Felvidékhez tartozik és nagy mennyiségű ásványi kinccsel rendelkezik. A hegyvidék és maga Szlatina a gyors folyású folyók és az elzárt völgyek nehezítik a terület megközelíthetőségét nemcsak Ukrajna magja, hanem a Kárpát medence felől is. Bár a legalacsonyabb tengerszint feletti magasságú régió egyes részei - ami Kárpátalja nyugati peremét jelenti- földrajzilag nyitottak a Kárpát medence felé, a szabad (vagy viszonylag gyors) mozgást szigorú határrendezéssel akadályozzák Ráadásul Kárpátalja különleges fekvése jóval összetettebb, hiszen a szomszédos Magyarországot és Romániát tekintve a schengeni övezet (Magyarország és Szlovákia) és az EU kemény külső határa veszi körül. A szigorúan ellenőrzött uniós határ időigényessé és bonyolulttá teszi a határátlépést, ezért a magyar, szlovák és román logisztikai központok és városok megközelíthetősége kedvezőtlen. A Kárpátokon átívelő hágóknak köszönhetően azonban a közlekedési hálózat kelet-nyugati tengelyei átszelik a régiót.

A TEN-T[6] hálózat két közúti és két vasúti útvonal érinti Kárpátalját-Magyarország irányából a mediterrán folyosó, Szlovákia irányából a Rajna-Duna folyosó, de mindkettő a régió északi részén halad át és nem érinti a Máramarosi medencét. Csap városkapu szerepe nagyon fontos, hiszen itt egyesülnek a Magyarország (Záhony) és Szlovákia (Čierna nad Tisou) irányból érkező nemzetközi vasútvonalak. A nemzetközi közúti forgalom Munkács városában koncentrálódik, mivel a városi jellegű település közelében találkoznak, a fő tranzitútvonalak (M06 és M24), melyek Munkácsot összekötik a szomszédos nagyvárosokkal, mint például Kassával (Ungváron keresztül) és Nyíregyházával (Beregszászon keresztül). Ezzel Kárpátalja, ahol Szlatina található, kapu Ukrajna és az EU között, de a közlekedési infrastruktúra színvonala elmarad a szomszédos országok létesítményeihez képest és jelenleg nincs esély arra, hogy a közeljövőben behozzák a lemaradást ezen a téren.



2. **Ábra. Térkép**

6 Transzeurópai közlekedési hálózat

Következtetések

- Szlatina egy külső perifériához tartozik Ukrajnán belül.
- Szlatina az EU tagállamok és a schengeni térség szomszédságában található.
- Szlatina területi fővárosát nagyban jellemzi a Romániához való közelsége valamint az, hogy a Tisza völgyében helyezkedik el.

Javaslatok

- Megpróbálni részt venni olyan kezdeményezésekben, melyek az uniós integráció fényében támogatják a TEN-T folyosók jobb összekapcsolhatóságát és multimodalitását.
- Jobban kezelni a Tisza völgy európai átjáró szerepében rejlő lehetőségeket (az orosz fenyegetés miatt megkeményedő hajózási lehetőségek fényében is).
- Figyelembe venni Románia, Szlovákia és Magyarország közelségét az uniós piacokhoz a Kijevtől való nagy távolság ellenére.
- Megpróbálni tőkét kovácsolni a biztonságos környezetből, mivel Kárpátalját kevéssé érintette Oroszország Ukrajna elleni háborúja.

2.1.2. Település és közlekedési hálózat, városi funkciók

Szlatina városi típusú település (kisváros) és a kevés más településből álló hromada központi közigazgatási települése a régió perifériáján helyezkedik el a **közlekedés** szempontjából. Habár ez a helyzet különleges földrajzi elhelyezkedéséből adódóan számos kiaknázatlan lehetőséget rejt. A település része az elzárt Máramarosi medencének, melyet a Románia és Ukrajna közötti határt képző (vagy Tisza) folyó határol. A folyó feletti **határhíd** biztosítja a kapcsolatot a romániai Máramaros várossal, mely a határon átnyúló medence egykori központja volt. A híd 2007-es megépítése óta az új átkelő csökkentette a városi jellegű település külső perifériás jellegét és fokozta az ukrán állampolgárok határokon átnyúló munkaerő mobilitását, valamint a szomszédos román várossal folytatott kereskedelmet. A völgy nagy folyosót jelent Kárpátalja déli részén, de ezt az adottságot a határátkelőhelyek minimális száma és a nemzetközi tranzitútvonalaktól való nagy távolság miatt nem használják ki. A múltban több híd is átívelte a folyót, de sok közülük összeomlott vagy elpusztult. **A hidak hiánya és a határátkelőhelyek szinte teljes hiánya a régiók kritikus hátránya**, mely még ma is korlátozza a gazdasági, társadalmi és közlekedési kapcsolatokat a Máramaros medencében.

Az eredeti tervek szerint 2024-re épül meg a Szlatina melletti Bila Cerkva új, négysávos hidja, mely az ukrajnai Kárpátalja déli határa mentén a második közvetlen összeköttetést teremtené meg Romániával (a másik a Nevetlenfalu- Halmeu átkelő). A megnövekedett utazási igényeket beleértve a teher- és autóbuszforgalmat is, ez az új híd a Máramaros és Bila Cerkva közötti szakaszon elégíthetné ki, jelentős előrelépést teremtve a mai, kizárólag gyalogos- és személygépkocsiforgalomra tervezett egysávos fahídhoz képest. A folyó mentén egy településsor húzódik, mely magába foglal olyan településeket, mint Huszt, Száldobos, Bustyaháza, Técső, Taracköz, mely összeköti Szlatinát a régió központi részével. A főút és a vasútvonal is a vízfolyást követi, de a vasút nyomvonala nem teljes, mivel Szlatina a hálózat végpontja és a közvetlen kapcsolat Rahóval megoldatlan. Bár a szükséges vágány létezik, hosszú ideig nem volt forgalomban, mivel a pálya az államhatárt átlépve Taracköz és Dilove között a román oldalra vezet. Szlatina elérhetőségében is pozitív változást jelentett, hogy Máramaros és Taracköz közötti vonatközlekedés újra indult.

A szűk völgyek és a határátkelőhelyek korlátozott száma befolyásolja a **Szlatina környéki településhálózatot**. Szlatina potenciális funkcionális kapcsolatai három irányba nyitottak, ahol a kelet-nyugati tengely a domináns, mivel ez az egyetlen folyosó a rahói járás és a régió központja között. A déli irány is releváns, mivel Máramaros (Szlatina párja) a medence legnagyobb népességű települése. Ez a déli irány az egyetlen közúti kapcsolat Kárpátalja keleti részén. Mivel az olyan helyi központok, mint Técső és Rahó messze vannak (30-40 km-re) vannak Szlatinától és **Máramaros befolyási övezetét** a határ eltorzítja és csonkolja, Szlatina a környékének helyi központjává tudott válni. Közigazgatásilag Szlatina a közelmúltban Ukrajna megújult közigazgatási felosztása miatt hat 35-36 ezer lakosú település **mikroregionális központja** lett (a szlatinai hromada főtelepülése). Az elhelyezkedés ellenére Szlatina nem tartozik egyik járáshoz sem. Ráadásul az ukrán közigazgatási egységek- Técsői és Rahói járások határai- kettévágják Szlatina hátországát. Következésképpen Szlatina a Técsői járás szelén fekszik, közigazgatásilag elkülönül a keleti szomszédos településektől.

A városi típusú település helyi értékeire és funkcionális sajátosságaira való összpontosítás: mivel Máramaros medence (és különösen Szlatina) ásványi anyagokban gazdag, Szlatina társadalmi-gazdasági helyzete mindig is különbözött a szomszédos településekétől. A gazdasági szerkezet (szinte monostrukturális bányaipar), a multietnikus háttérhez kapcsolódó nagy funkciósűrűség, az egészségügyi majd később az egészségturisztikai létesítmények szempontjából. A **sóbányákban** végzett munka nagy mennyiségű munkaerőt és a szükséges szaktudással rendelkező szakembereket igényelt, ami hatalmas népességnövekedést és sokszínű nemzetiségi mintázatot váltott ki Szlatina környékén.

Ez egy **összetett intézményrendszert** is igényelt, mely figyelembe vette a lakosok eltérő kulturális és nyelvi sajátosságait. Szlatina, mint városi típusú település folyamatosan biztosítja a különböző vallási irányzatok templomainak, valamint a különböző kisebbségek oktatási intézményeinek elérhetőségét és működését. Ezért Szlatina a kisebbségek egyik fő központja. A sóbányák és a földalatti allergológiai kórház bezárása után nagy visszaesés kezdődött, de néhány munkahely megmaradt és jelenleg is megélhetést biztosít a helyi lakosság számára (Onencan et al, 2018). Ezek a munkahelyek nagyrészt a turisztikai iparhoz, különösen az **egészségturisztikai** létesítményekhez kapcsolódnak, mivel a sóbányák és a megmaradt földalatti allergológiai kórházak még mindig vonzzák a látogatókat és a betegeket. Szlatinán az alapvető egészségügyi és oktatási funkciók-például orvosi központ, sürgősségi szolgálat, gyógyszertár, óvoda, általános iskola és középiskola-biztosítják a lakosok számára. Érdemes megemlíteni, hogy Szlatina három óvodával rendelkezik a különböző etnikai csoportok alapján (kettőt a szlatinai közösség tart fenn, egy pedig jótékonysági alapon működik). Az iskolarendszer széleskörű, hiszen minden nemzetiségnek van saját általános iskolája; van egy középiskola, egy bentlakásos iskola (hátrányos helyzetű tanulók számára) és egy szakképző központ, melyek nem csak Szlatinából, hanem a városi jellegű település környékéről (hromada) is vonzzák a tanulókat. A városi típusú település közlekedési adottságai kiemelik Szlatina fontosságát és funkcionalitását. A település a hidjával összeköttetés folyó két partja között, és az egyetlen határátkelőhely Romániával Kárpátalja délkeleti részén. Szlatina vasúti összeköttetése biztosított, de a városi jellegű település vasúti csomópont, és nincs vasúti összeköttetés a keleti szomszédos településekkel. A vasúthálózattól való elszigeteltségtől függetlenül a vasútvonal személy- és teherszállításra használják. Emellett Szlatina összekötő (vagy belépő) pont azon szomszédos települések számára, melyek nem rendelkeznek hozzáféréssel az országos vasúthálózathoz.

Szlatina fontos közfunkciókat lát el a helyi lakosok, a látogatók és a környező települések számára. Ez a tény akkor vált világossá, amikor 2010-ben a bányákat irányító vállalat megvizsgálta az érintett területet és megállapította, hogy 133 ház nem használható és ki kell üríteni a bányák és víznyelők környékét (Európai Polgárvédelmi Csapata, 2016). Felmerült a lakosok áttelepítésének gondolata, azonban a lakók nem akarták megváltoztatni a helyüket egy kevesebb funkcióval rendelkező településre (Tereblya). AZ ukrán kormány 2010 után 133 otthont épített Tereblyán azoknak az embereknek, akik a szlatinai veszélyzónában élnek, de az érintett lakosság többsége nem költözött el, mert nem akarták feladni a Szlatinán biztosított többnyelvű intézményeiket és templomaikat, vagy nem látták a saját jövőjüket egy kisebb, kevesebb szolgáltatással és kevésbé fejlett állami infrastruktúrával rendelkező településen (Onencan et al., 2018). Voltak további okok is, mint például a lokálpatriotizmus, a meglévő munkalehetőségek Szlatinán vagy a bizonytalanság, a problémás tulajdonviszonyok és a Tereblyán épült új házak minőségi problémái. Ezen okok ellenére az áttelepítés hosszabb távon elkerülhetetlennek tekinthető, mivel a földcsuszamlások és a süllyedések nemcsak a lakóövezetet, hanem számos közfunkciót is veszélyeztetnek (fenyegetnek). A veszélyeztetett épületek listáján szerepel egy iskola, egy óvoda, két szlatina közössége (hromada) által birtokolt intézmény, de a temető, a helyi utak, a gáz- és ivóvízvezetékek, valamint a szennyvíz gyűjtő vezetékek és a kilences bánya közelében lévő elektromos elosztóközpont is a veszélyezett övezetben van a kockázatértékelés szerint. (Onencan, A. M. et al 2018).

Következtetések

- A bányászati örökség mellett a kulturális sokszínűség, a kórházak és a gyógy- és rekreációs turizmus kiemeli Szlatinát a környező települések közül.
- Szlatina kis városi településnek tekinthető („városnak” funkcionális értelemben) a funkcionális sokszínűség és néhány intézményük, szolgáltatásuk jelentősége alapján.
- Szlatina térbeli, városi kapcsolatait nehezíti a határátkelőhelyek hiánya és a Tisza völgy kelet-nyugati iránya.

- A lakosság áttelepítése a veszélyeztetett területekről a különböző környezeti veszélyek miatt különböző nehézségeket okoz.

Javaslatok

- Figyelembe kell venni a Szlatinát körülvevő funkcionális városi területet (vízgyűjtő terület) és a 2020-as közigazgatási változás fényében újra meg kell határozni a környező vidéki települések számára nyújtott szolgáltatásokban betöltött szerepét.
- Megpróbálni jobban építeni a Máramaros határokon átnyúló befolyási övezetében rejlő potenciált, különösen a munkaerő- és diákmobilitási, valamint a kereskedelem területén, határokon átnyúló, intézményesített együttműködési formák és irányítási struktúrák kezdeményezésével (pl. városi platformok)
- Hangsúlyt fektetni a regionális jelentőségű városi funkciók, intézmények és szolgáltatások (idegenforgalmi létesítmények, kórházak stb.) és a vonzerő középpontba állítása a városfejlesztés fenntartása és erősítése érdekében.

2.1.3. Lakhatás

Fontos megemlíteni a helyi közösség tagjai által lakott házak állapotát, mivel e házak hiányosságai és bizonytalansága az érintett lakosok evakuálását sürgetik. A szélesedő víznyelők, a földcsuszamlások és a süllyedések hatalmas veszélyt jelentenek a kulcsfontosságú infrastruktúrára és a lakóházakra. Időről időre az áttelepítés és új lakóövezetek építése gyakori tevékenység Szlatinán. Szlatina történelmi központja körül a 8. számú bánya körül, ahol különböző intézmények és a helyi lakosság nagy része élt, érintette leginkább a földmozgás és az áttelepítés. Helyi lakosok lépésről lépésre költöztek Szlatina más részeire a mindennapi megélhetésüket fenyegető veszélyek miatt. Már az 1970-es években súlyos problémák merültek fel a bányákhoz és lyukakhoz közeli lakónegyedekkel kapcsolatban. Ez volt az oka annak, hogy a fenyegetett (veszélyeztetett) területektől távolabb többszintes lakótömbök jelentek meg a lakótelepen.

A házak nagy része elavult és nem felel meg a jelenlegi körülményeknek. Ezek az épületek többnyire egy- vagy kétszintesek és a beton padlózat körülbelül egy méter vastag, mindenféle megerősítés nélkül. A falak anyaga földből és cementtömbökből készült, de néhány esetben a házak szerkezete vályogból, téglából, kőből vagy fából áll. A házak szigetelése nem mindenhol megoldott és néha a vakolat is hiányzik.

Ezek alapján a házak komfort szintje alacsony, de a folyóvízhez való csatlakozás biztosított. Természetesen a lakóházak a bányászat hatása alatt állnak, hiszen a lakóövezetben is gyakori jelenség a süllyedés és földcsuszamlás. E váratlan események miatt a legtöbbször repedések jelennek meg a házak falán vagy padlóján, ami egyértelmű bizonyítéka annak, hogy az épületek a veszélyzónában vannak. Sőt a támfalak hiánya miatt az épületek teljes összeomlása is fenyeget. a korábbi felmérések szerint 300 lakóház van a veszélyzónában, és 133-ról azt mondták, hogy nem alkalmas lakhatásra (Onencan, A. M. et al 2018). Hogy csökkentsük az áldozatok és a hajléktalanok számát, az állam áttelepítési programot hozott létre, melyet a korábban leírtaknak megfelelően nem hajtottak végre- a helyi lakosok áttelepítéssel szembeni ellenállása miatt.

Részletes elemzés olvasható a potenciálisan veszélyeztetett területekről és a várható gazdasági veszteségekről a korábbi kapcsolódó projektekben (lásd az Európai Unió Polgárvédelmi Csoportjának 2016. évi „Szlatina sóbánya terület" című jelentésének eredményeiről szóló 2.5. fejezetet és a kapcsolósó kockázatértékelési jelentést). Ez a dokumentum szintén tartalmaz fontos értékeléseket a témában a 3. fejezet keretében a kockázatértékeléssel. A 2022. júniusi információk alapján (interjú Kocserha úrral) jelenleg csak néhány épület van közvetlen veszélyben. Főleg két utcában néhány lakóépületen láthatók repedések (interjú Kocserha úrral, 2022). Mégis, nagyon fontos a területfelhasználás és a várostervezés újragondolása a veszélyes területek szerint, mivel e helyzet még mindig meglehetősen bizonytalan, különösen a földalatti és a talajvíz mozgását és a mélyebb rétegekben történő földmozgásokat illetően.

A társadalmi-gazdasági károk és a negatív gazdasági hatások sokkal nagyobbak lennének abban az esetben, ha a süllyedés és a földcsuszamlás közintézményt vagy közműszolgáltatót érintene, mivel viszonylag kevés háztartás van közvetlen veszélyben. Szlatinán mindkettő lehetséges. A gázvezeték, az ivóvíz- vagy az elektromos áramrendszer véletlenszerű károsodása óriási veszteségeket okozna a településnek, nem beszélve a közlekedési rendszerről, hiszen a főút és a vasút biztosítja a helyi termékek és erőforrások szállítását potenciálisan érintett övezetben. Ezen összeköttetések nélkül a helyi gyárak és vállalkozások nem tudnának működni. Ráadásul egy iskola, egy óvoda és két önkormányzati intézmény is a veszélyzónában van, ahol az érintett társadalmi csoportok kiemelkedően sebezhetőek.

Összefoglalva a lakásállomány elhelyezkedéséből adódóan a városi típusú település egyes részein kockázatot jelent az infrastruktúrára és a lakosságra nézve. A probléma kezelése érdekében

egyeztetett tervre (pénzügyi kerettel) van szükség a kritikus infrastruktúrák és intézmények egy részének biztosítására és helyreállítására (ami rövidtávon nem pótolható). Fontos lehet az érintett lakosok potenciális veszélyzónájából való kitelepítésének folytatása, tekintettel kulturális és nemzeti hátterükre. Az életveszélyes épületeket le kell bontani és elegendő támfalat kell építeni a potenciális áldozatok és a további balesetek megelőzése érdekében.

Következtetések

- A lakásállomány rossz állapotban van és az épületek Szlatina egyes területein veszélyeknek vannak kitéve.
- Néhány területen az áttelepítés és az új lakások és infrastruktúra építése lehet az egyetlen járható opció.

Javaslatok

- Újra gondolni a területrendezési és városfejlesztési politikát szigorú területrendezéssel és szigorú építési engedélyekkel, melyek az új fejlesztéseket az alacsony kockázatú területekre összpontosítják.
- Támogatni a kiváló minőségű anyagokból készült mobil szerkezeteket és épületeket, melyek ellenállóbbak lehetnek a földcsuszamlásokkal, repedésekkel és egyéb mozgásokkal szemben.
- Kialakítani egy megfigyelőrendszert és felmérni az épületek állapotát időről időre.
- Az áttelepítéseknek és minden nagyobb léptékű új fejlesztésnek figyelembe kell vennie a településen belüli tágabb társadalmi-gazdasági kapcsolatokat, a városszerkezetet és a közösségi kapcsolatokat, valamint támogatni kell a területi integrált megközelítést, mely túlmutat az egyes épületek bontásán és építésén.

2.1.4. Környezetvédelem

Mivel a térségben nincs nagyfokú iparosítás és kevés antropogén beavatkozás történt, Kárpátalja környezeti értékei hegyvidéki tájaival és őserdőivel megmaradtak. Érdemes megemlíteni, hogy a legértékesebb területek az UNESCO[7] védelme alatt állnak (Kárpátok és Európa más régióinak ősi és ősbükkös erdei), továbbá a régióban három nemzeti parkot (Elvarázsolt Vidék Nemzeti Park, Szineviri Nemzeti Park, Uzhansky Nemzeti Park) hoztak létre, hogy megvédjék és megőrizzék a környezeti és geológiai értékeket a következő generáció számára

[7] Az Egyesült Nemzetek Nevelésügyi, Tudományos és Kulturális Szervezete

Továbbá, a természeti parkok mellett számos más védett terület is létezik, különböző szintű védelemmel, mint például bioszféra-rezervátumok, regionális tájvédelmi parkok, részleges rezervátumok, természeti emlékek vagy védett területek. Fontos kiemelni a Kárpáti Bioszféra Rezervátumot a maga több mint 500 km2-es területével, mely nem csak a régió legnagyobb védett területe, de 1998 óta rendelkezik a Védett Területek Európai Diplomájával is.

E védett környezeti örökség ellenére az erdők és természetes élőhelyek fennmaradó részét a tömeges és nem megfelelően kezelt fakitermelés és a környezetszennyezés veszélyezteti. Kárpátalján a **környezetvédelemre fordított kiadások** [8] (ezer UAH-ban[9]) 2017 és 2020 között 178 002,9 hrn-ról 283 958,6 hrn-ra, azaz 105 955,7 hrn-ra (+59,5%) emelkedtek. 2020-ban a legtöbb pénzt Ungvár városa (102 649,4 hrn; az összes kiadás 36,1%-a), a Rahói járás (75 121,3 hrn; 26,5%) és Mizshirja járás (39 063,4 hrn; 13,8%) költötte el, ezzel szemben a legalacsonyabb összegeket a Huszti járásban (1,2 hrn), Munkácsi járásban (10,3 hrn) és a Técsői járásban (16,9 hrn). A 2017 és 2020 között vizsgált időszakban a legnagyobb növekedést (szám szerint) Ungvár városában (+41 785,2 hrn), a Rahói járásban (+48 072,6 hrn) és a Szőlősi járásban (+11 756, 3 hrn) észlelték, a legjelentősebb csökkenést pedig a Perecseni járásban (-5 726,4 hrn), Huszt városában (-5 548,8 hrn) és Munkácson (-2 399,1 hrn). A Técsői járásban- ahová Szlatina tartozik- mérsékelt csökkenés történt a három év alatt, 21,8 hrn, ami 56,3%-os csökkenést jelent 2017 óta. (38.7 hrn).[10]

Az adatok azt mutatják, hogy a Técsői járás környezetvédelmi rendszere alulfinanszírozott. Habár **Szlatina** jelentős badeni sókitermeléssel és sókarsztos jellegzetességekkel rendelkezik- melyek morfológiája gyorsan átalakul- ezek az örökségek nincsenek védve és nincsenek korlátozva. Ráadásul **ezek a sókészletek nem csupán örökséget vagy turisztikai látványosságot jelentenek, hanem egy hatalmas környezetvédelmi és hidrogeológiai veszélyt is jelentenek,** mivel a folyó vízgyűjtő területén találhatók. Váratlan események (pl. árvíz, süllyedés vagy földcsuszamlás) esetén az elhagyott bányák sós vizei könnyen beáramolhatnak a folyó édesvizébe és megemelhetik annak **kloridkoncentrációját. (Stoeck et al. 2020).**

8 Kiadások a környezetvédelemre 2017, 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/vitrati_rajony-2017.pdf; http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/vitrati_rajony-2020.pdf

9 Ukrán hrivnya, vagy hrn, Ukrajna hivatalos valutája

10 Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátaljai Statisztikai Főosztály

A Tisza magas sókoncentrációjának első releváns jelét 2008-ban észlelte és jelentette a magyar vízügyi hatóság. A folyó komplex és nemzetközi jelentőségű, nagy ökológiai fontossággal bíró folyó, ezért is olyan elengedhetetlen, hogy a szlatinai sóbánya sós vizétől megóvjuk. Annak ellenére, hogy Szlatina határain belül nincs védett terület, számos más fordul elő a mentén, melyek befolyásolva vannak szlatina környezeti kockázataitól, ilyen például a romániai Superioară (Felső) Natura 2000 terület, az ukrajnai Szőlősi Tisza vagy a Felső Magyarországon. Nem beszélve az ivóvíz fontosságáról: a közüzemi vizet nem csak Szlatinán, hanem Románia és Magyarország számos részén is szűréssel biztosítjuk.

Következtetések

- Kárpátalja gazdag természetvédelmi területeken, melyek a természethez kapcsolódó turizmus alapját képezhetik.
- A Tisza völgy és a vízgyűjtő nemzetközi jelentőséggel és fontossággal bír, mivel a folyó felső és alsó szakasza közös, határokon átnyúló funkcionális területet alkot, melyben a szennyezés, az ember által okozta és természeti katasztrófák elterjedhetnek, és nagy kihívást jelentenek.

Javaslatok

- A Tisza medence közös kihívásainak irányítása és határokon átnyúló kezelése megoldható; szorosabb együttműködésre van szükség a víz- és kockázatkezelés területén.
- Jobb transznacionális együttműködésre van szükség a vízminőség védelmének megoldásához.

2.1.5. Hulladék- és szennyvízgazdálkodás

A rendelkezésre álló hivatalos adatok szerint a **keletkezett hulladék** [11] 2017 (173 390 tonna) és 2020 (144 983,3 tonna) között 16,4%- al csökkent Kárpátalján. 2020-ban a legnagyobb mennyiségű hulladék Ungvár városában (51 234,6 tonna; a régió összértékének 35,3%-a), Munkács városában (36, 098,8 tonna; 24,9%) és a Szőlősi járásban (19 035,3 tonna, 13,1% keletkezett, míg

11 Hulladéktermelés 2017, 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/utvor_vidhod_rajony-2017.pdf; http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/utvor_vidhod_rajony-2020.pdf

a legkevesebb hulladékot a Nagybereznai járás (45,6 tonna), a Huszti járás (220,1 tonna) és Beregszászi járás (233 tonna) termelte. A Técsői járás a 7. helyen áll a maga 3 8066,1 tonnás hulladéktermelésével, éppen megelőzve az Ungvári járást (2 854,3 tonna), de elmaradva a Rahói járástól (5 371,2 tonna) és a Szolyvai járástól (5 840,8 tonna) A járások többségében 2020-ban kevesebb hulladék keletkezett, mint 2017-ben, a kivételek esetében pedig a növekedés mértéke jóval kisebb volt, mint a régió többi részén a csökkenés mértéke. A legnagyobb mértékű csökkenés a Szőlősi járásban (-14 234,9 tonna), a Técsői járásban (-3 526,3 tonna), Ungvár városában (-2 813,6 tonna) és az Ilosvai járásban (-2 218,3 tonna) volt, míg a Szolyvai járásban (+587,7 tonna), Huszt városában (+473,2 tonna) és Beregszász városában (+163,2 tonna) nőtt a keletkezett hulladék mennyisége. Arányaiban a legnagyobb csökkenést a Nagybereznai járásban (-94%), a Mizshirja járásban (-82,6%) és az Ilosvai járásban (-81%) mérték, ezzel szemben Huszt városban (+152,7%) a növekedés meghaladta a 100%-ot. A Técsői járás esetében a csökkenés 7mértéke 48,2% volt (2017: 7 332,4 tonna), tehát illeszkedik a régió tendenciájához.[12]

Kedvezőtlen, hogy a keletkező hulladéknak csak egy részét kezelik, de a **hulladékgazdálkodási rendszer** [13] sem működik jól, mert az újrahasznosítás aránya alacsony. Kárpátalján 2020-ban a hulladék nagy része (97,9 %; 160 974,6 tonna) hulladéklerakóba került és mindössze 1,9 %-át (3 199 tonna) égették el, 0,2%-át (267,8 tonna) pedig újrahasznosították. A hulladék lerakóba helyezése a hulladékgazdálkodás elfogadott és elterjedt módja; ennek a módszernek az aránya minden járásban és regionális jelentőségű városban meghaladja a 85%-ot. Ez az érték a Técsői járásban 97,9% (5 894,8 tonna) volt, ami a legtöbb helyi hulladékot jelentette. A többi módszer használata jelentéktelen volt: az elégetett hulladék mindössze 125, 5 tonna (2,1%) volt, újrahasznosítás nélkül. A 2017-es évvel korrelálva a hulladéklerakó használat aránya nőtt (93,9%-ról; 7 407 tonna), az égetés szerepe pedig a háttérbe szorult (6,1%-ról; 481 tonna); ugyanez a tendencia regionális szinten is megfigyelhető (hulladéklerakó használat 96,2%; égetés 3,7%). (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátaljai Statisztikai Főosztály).

A szilárd hulladék kezelése sem működik jól. Nyilvánvalóan a lakások a háztartási hulladékot a víznyelőbe dobják, mert a hulladékszállítási rendszer nem felel meg a közösség igényeinek (Móga el al., 2019). A hulladéklerakó történelmi okok miatt a városi jellegű település szívében található.

[12] Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátaljai Statisztikai Főosztály

[13] Hulladékgazdálkodás 2017, 2020:
http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/povod_vidhod_rajony-2017.pdf.
http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/povod_vidhod_rajony-2020.pdf.

A 7-es bánya mellett található, ami negatív hatással van a helyi vizekre és talajra. Nagy mennyiségű szemetet szállítanak a hulladéklerakóba még a szomszédos településekről is. Nagy méretére tekintettel, lehetetlen csak úgy lezárni a területet. Amit sikerült elérni, az a bejövő hulladék mennyiségének csökkentése; most már csak a szlatinai szemét kerül oda. Mivel máshova nem lehet hulladékot hozni, ez az egyetlen hulladéklerakó a környéken. A település vezetői szeretnének egy újat létrehozni és megszüntetni a túlterhelt régi hulladéklerakót, de nem áll rendelkezésre elegendő pénz. Korábban terveztek egy feldolgozóüzemet, de az nem került megvalósítási fázisba (interjú Kocserha úrral, 2022). Ami **Szlatinát** illeti, a természeti adottságok szennyezése egy másik felmerülő problémás terület. A víznyelőket, a sókészleteket, a sósvizet és a talajt a szennyezés veszélye fenyegeti. Különösen a turizmus (az egészségügyi központokkal, strandokkal és a száláshelyekkel) és a mezőgazdaság kerülhet válságba, ami közvetlenül érinti a helyi közösséget. Annak ellenére, hogy a szlatinai házak többsége csatornára van kötve, az 1970-es években épült **szennyvíztisztító** nem működik megfelelően és **a szennyvíz szinte közvetlenül a Tiszába folyik**. Az elmúlt évtizedekben a csatornarendszer korszerűsítésé alacsonyabb prioritást élvez, mint az ivóvízellátás javítása (Európai Unió Polgárvédelmi Csapata, 2016). Továbbá a városi jellegű település más részeiről a szennyvíz közvetlenül a víznyelőkbe folyik, mindenféle szűrés nélkül, ami tovább fokozza a földcsuszamlások és süllyedések előfordulását. Ráadásul a süllyedések miatt számos szennyvízvezeték valószínűleg eltört és rejtve maradt, szennyezve a talajvizet.

A sóbányák bezárása után az **turisztikai ágazat -jelenlegi fő ágazat, mely munkahelyet biztosít a helyieknek-** képes volt túlélni a helyi gazdasági recessziót. Elsősorban a sós víz szennyezése és az illegális hulladéklerakás romboló látványa rontja Szlatina turisztikai potenciálját. Így fontos a víz- és talajszennyezés korlátozása a szivárgás, a szennyezett anyagok és a talajvíz továbbításának korlátozásával, a tisztítási szint növelésével, valamint a központi hulladéklerakó kezelésével.

Következtetések

- A szigorú hulladékgazdálkodás reformja és fejlesztése kulcsfontosságú, mert tisztítatlan csatornavíz, a hulladéklerakó használata és a szabályozatlan hulladéklerakás nagy egészségügyi és környezeti kockázatot jelent,

hiszen nem csak a só erőforrásának, az ivóvíznek és a Tisza édesvízének a minőségét rontja, hanem megfosztja a régiót a potenciális fejlesztési lehetőségeitől (turizmus, stb.).

Javaslatok

- Vannak lehetőségek a hulladékgazdálkodási rendszerek létrehozására, fenntartására és fejlesztésére a vízművekért és szennyvíztisztításért felelős magyar szervezetekkel való tudáscserére, valamint technológiai transzfer tudjuk-hogyan csere kiépítésével.
- Ösztönözzük a körforgásos gazdasági megközelítéseket, először a hulladékfeldolgozás javításával, mely további munkahelyeket és jövedelmet is biztosíthat.
- Az illegális ad hoc hulladéklerakókat és feltöltött víznyelőket számoljuk fel a Tisza árterén Szlatina környékén. Törekedni kell az eltávolított anyagok és hulladékok újrafelhasználására vagy újrahasznosítására.
- Hozzunk létre a folyótól és a sóbányáktól távolabb egy új és korszerű, uniós szabványoknak megfelelő hulladéklerakót, valamint a felszíni és felszín alatti vizeket védjük a szennyezéstől és átviteltől.
- Támogassuk a figyelemfelkeltő tevékenységeket (pl. hulladékgyűjtési és újrahasznosítási versenyek révén).

2.2. Népesség struktúra

2.2.1. Demográfiai helyzet

Kárpátalja népessége[14], ahol Szlatina található, meghaladja az 1milliü főt (2020: 1 250 129 fő), így Kárpátalja az ukrán régiók rangsorában a lakosság száma alapján középmezőnyben helyezkedik el. Habár a lakosok területi eloszlása a régió földrajzi különbségei miatt egyenlőtlen, mivel a síkságok és a szélesebb völgyek sokkal alkalmasabbak a letelepedésre. Érdemes kihangsúlyozni, hogy a nagyobb regionális jelentőségű városok és települések (Ungvár, Munkács vagy Huszt) az alföld és a hegyvidéki területek találkozásánál helyezkedik el, mint egy kapu, mely a hegyvidéki hágókat és völgyeket összeköti a síksággal. Korábbi említés szerint Técső járás (174 580 lakos) rendelkezik a régió legnagyobb lakosságával, megelőzi a főbb városokat és járásaikat is. Az elemzett járásban 2020-ban a kárpátaljai lakosság 14%-a élt összesítve, ezért a régió déli részének gravitációs központja (ez több, mint Huszt város és Huszt járás összesített értéke).

[14] Népesség 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2021/nasel_0101_2021.pdf

Ez azt jelenti, hogy a Técsői járás a régió meghatározó szereplője a munkaerő és fogyasztási erő révén, ami a jövőben hatalmas előny lehet a versenyképes gazdaság kiépítésében. Mindazonáltal a **demográfiai dinamika negatív, és megfelel a regionális trendnek**, mivel 2015 óta 720 lakossal csökkent a lakosság száma. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátaljai Statisztikai Főosztály)

Kedvezőtlen **demográfiai tendencia**[15] Técső járásban is megfigyelhető. 2020-ban a természetes fogyás (-1,5%) alacsonyabb volt a regionális átlagnál. Az elmúlt öt év során a változás mértéke-a természetes szaporodás szerint- a Técsői járásban (-4,4%-pont) jelentősebb volt, mint a régióban (-3,6%-pont), amivel a vizsgált járás az északkeleti járások szaporodási trendjéhez igazodik. 2015-ben ezek a területek a természetek szaporulatok kivételével pozitívan szerepeltek (Técső járás: 2,9%-pont), de 2020-ig természetes szaporodási értékeik csökkenésbe fordultak és elvesztették előnyüket Kárpátalja többi részével szemben. Másrészt a természetes szaporodás pontos értéke a Técsői járásban 2020-ban még mindig kedvezőbb volt a regionális szintnél, ami arra utal, hogy a korábbi kedvező arány hatása nem tűnt el teljesen. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály).

A **népsűrűség** tükrözi a régió földrajzi és településszerkezetét, ami jelentős területi különbségeket jelent a városi és a hegyvidéki területek között. Összességében a sík vidékek átlagos népsűrűsége meghaladta a 100/km2-t, míg a hegylábak környékén az átlagos érték 90/km2 körül volt, a hegyvidéki vidéken pedig 50/km2 alatt. A 2015-ös évhez hasonlítva szinte minden vizsgált területi egységben csökkent (Kárpátalján -0,7 ponttal), de Ungvár városa és az Ungvári járás kivételt képez, ahol az előbbi 6,4 ponttal az utóbbi pedig 1,1 ponttal nőtt. Ezek a pozitív adatok mutatják és erősítik meg a regionális központ vonzerőjét és erejét. A népsűrűség területi mintázata változatos a **Técsői járásban**, mivel a geomorfológia meghatározza a településhálózatot. A helyi lakosság nagy része három folyóvölgyben koncentrálódik (különösen a járás déli részén), így a lakatlan területek aránya jelentős. A legnagyobb népsűrűség a völgy mentén halmozódott fel, mivel a legnagyobb települések (mint Técső, Szlatina, Taracköz vagy Bustyaháza) ebben a kelet-nyugati természetes folyosóban vannak és a folyó köti össze őket.

[15] Élő születések és halálozások 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn_01-12_2020.pdf

A másik két völgy a mellékfolyók (a Talabor és a Tarac), melyek észak-déli átjárók Mizshirja járás felé és a járás lakosságának többi részét egyesítik. Érdemes megemlíteni, hogy a Técsői járás nem rendelkezik-regionális szempontból- jelentős várossal, ezáltal a népsűrűség és a beépítettség elmarad Ungvár (3 068/km2) vagy Munkács (3 043/km2) városi területeitől. Ez azt jelenti, hogy a városi területek funkciói is elmaradnak és ezt a hátrányt csak Técső és Szlatina tudja kompenzálni. Szlatina „kényszerítő szerepe" miatt a település társadalmi-gazdasági helyzete jelentősen meghatározza a járás demográfiai tendenciáját. 2020-ban a járás népsűrűsége (96/km2) -a járás északi hegyvidéki fekvése miatt- valamivel a regionális átlag (98/km2) alatt volt, ami 2015-ben is így volt. Bár a változás tendenciája negatív (-0,3 pont), a változás mértéke mérsékelt volt.

A rendelkezésre álló adatok hiányában a pontos termékenységi arányszám nem számítható ki, ezért csak az **élveszületési arányszám**[16] elemezhető, mely az ezer lakosra jutó élveszületések számát mutatja. Ez a mutató 2020-ban 10,8% volt Kárpátalján, ami alig magasabb, mint Szlovákiában (10,4%) vagy Romániában (10,3%) és jobb, mint az EU-ban (9,1%) vagy Magyarországon (9,6%). 2015-ben az élveszületési arányszám jelentősen magasabb volt Kárpátalján (13,3%), mint 5 évvel később. A Técsői járás esetén az élveszületési arány értéke nem tér el jelentősen a regionális tendenciától. A mutató értéke 2020-ban 10,6% volt, ami kissé elmaradt a regionális átlagtól (10,8%) és a szomszédos Huszti járással hasonló szinten állt. 2015-ben a Técsői járás 13,5%-kal szintén a középmezőnyben volt, de alig haladta meg a regionális átlagot és a Huszti járást. Ez azt jelzi, hogy az elmúlt 5 évben a Técsői járás (-2,9%-pont) jobban érintette az élveszületések számának csökkenése, mint a régiót vagy a Huszti járást. Habár a Técsői körzet keleti szomszédja (Rahói járás) teljesen más értéket mutatott, mivel az egész régióban itt volt az egyik legkedvezőbb az élveszületési ráta. Ez a fiatalos munkaerő-Szlatina közvetlen szomszédságában- nagyszerű lehetőséget jelent a helyi gazdaság fellendítésére és a jövőbeni foglalkoztatás fejlesztésének alapját képezheti. Ha Szlatina és a Técsői járás nem képes megállítani az élveszületések számának folyamatos csökkenését, akkor ezeknek a területeknek be kell vonzaniuk és meg kell tartaniuk a Rahói járás helyi humán tőkéjét.

Egy terület demográfiai adottságait jelentősen befolyásolja a **migráció szintje** [17]. Kárpátalját 2020-ban negatív migrációs egyenleg sújtotta (-0,33%), de kisebb területi szinten a helyzet összetettebb volt.

[16] Élveszületések 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn_01-12_2020.pdf

[17] Érkezések és indulások száma 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn_01-12_2020.pdf

A migrációs többlet a legfontosabb városi területeken-mint például Munkács városában (4,85%), Ungvár városában (3,28%), Beregszász városában (0,67%) – és a régió fővárosának szomszédságában (Ungvári járás, 3,28%) mutatták ki, de a másik két városi terület- Csap város (0%) és Huszt város -0,03%) -is a regionális szint felett teljesített. Ez azt jelzi, hogy a régió nagyobb városai megőrizték vonzerőjüket, mivel ezeken a helyeken lehet a legtöbb munkahelyet biztosítani magasabb életszínvonal mellett. A migráció ügye különösen releváns volt a hegyvidéki északi régiók esetében, ahol a nehéz megközelíthetőség, a kevés munkahely, az alacsony bérek és a rossz életkörülmények okozzák a fő problémákat (pl Volóci járásban -4,21). Figyelembe véve az elmúlt öt évet a migráció szintje konszolidálódott, hiszen 2015-ben Kárpátalja migrációs vesztesége 1,31% volt, ami 0,98% pontos javulást jelent. Bár a **Técsői járás** nem tartozott a leghátrányosabb helyzetű (hegyvidéki) járások csoportjába, a migrációs deficit itt is jelentős volt (-1,2%). **A migráció miatt elveszett népesség száma magasabb volt a regionális átlagnál,** ami a járás kedvezőtlen életkörülményeit bizonyítja. Ez egy érdekes területi mintázat, hogy a (negatív) migráció intenzitása a völgy nyugati része felé csökken. Az oka ennek a jelenségnek a nyugati járások jobb megközelíthetősége és összekötése, mivel a távoli Máramarosi medence megközelíthetősége valóban bonyolult és időigényes. A 2015-ős évvel korrelálva a vándorlás mértéke mérséklődött, mivel a vándorlási deficit ekkor -2,2% volt. A magas migrációs veszteség ellenére a rangsor szerkezet nem változott jelentősen, mivel a jelentős migrációs deficit 2015-ben regionális tendencia volt. A Técsői járás a regionális átlag alatt volt, de a leghátrányosabb helyzetű területeket inkább megelőzte. Összefoglalva, a Técsői járás illeszkedett a regionális tendenciához, mivel a változás mértéke (+1,02%-pont) csak kevéssel haladta meg a regionális szintet. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátaljai Statisztikai Főosztály).

Különös tekintettel **Szlatinára**, a lakosság két csoportját érinti leginkább a kivándorlás. Az egyik csoport a **magyar nemzetiségűek**, akik többnyire a bányászathoz kötődtek, mely elvesztette népességmegtartó/vonzó erejét, mely a korábbi munkavállalókat Szlatinán tartotta volna. Fontos kihangsúlyozni a magyar kisebbség magas mobilitási képessége miatt bekövetkezett nagymértékű migrációs veszteséget. A kettős állampolgárság- a magyar kormány által biztosított- előnye megkönnyítette a kivándorlást Magyarországra vagy az EU más részeire, melyek nem csak a magyaroknak vonzóak, hanem a többi nemzetiség számára is. Ezen kivándorlások többsége hosszútávúak vagy véglegesek, ami jelentős változást okot Kárpátalja etnikai jellegzetességeiben.

Ennek a lehetőségnek köszönhetően a kivándorolni szándékozók már 2020 előtt elhagyták Kárpátalját és Szlatinát, ezért a migrációs veszteség volumene 2015-ben nagyobb volt, mint 2020-ban. A másik nehezebben elérhető csoportot a **munkaképes korúak** és a vállalkozók rétege alkotja. Sokan Magyarországon, Csehországban vagy szülőhelyüktől távolabb találtak munkát. A sóbányák bezárása és más korábbi munkalehetőségek megszűnése és a helyi munkaerőt költözésre, lakóhelyváltozásra kényszeríti. Szlatinán vannak olyan lakóépületek, ahol 400 lakásból kb. 30% üresen áll.

Sajnos az elmúlt években Ukrajna konfliktusos övezetté vált, ami felerősítette a migrációs folyamatokat az országban. Kárpátalja messze fekszik a harcterektől, de az Ukrajna elleni orosz háború hatásai az országnak ezt a részét is elérik. Azok, akik Szlatinából hagyták el az országot, rövidtávon nem tudnak, vagy nem akarnak visszatérni. A konfliktus súlyosbodása miatt a migráció jelenlegi volumene meghatározatlan, a főbb tendenciák azonban jól látszanak. Kárpátalja számára óriási gondot jelent a lakosságcsere, mivel a lakosok közül -akik rendelkeznek a megfelelő dokumentumokkal- sokan elhagyták az régiót. Kárpátalján keresztül naponta több ezer ukrán állampolgár hagyta el az országot Magyarország felé még 2022 októberében és novemberében is. Másrészt a menekültek és migránsok nagy része Kelet-Ukrajnából érkezett, hogy Kárpátalján találjon biztonságosabb menedéket. A megyében 2022 novemberében 156 000 hivatalosan regisztrált menekültet tartanak nyilván. A mobilszolgáltatók adatai szerint azonban számuk Viktor Mikita, Kárpátalja kormányzója, szerint közel 350 000-re tehető.[18]

Ez a tendencia drámaian megváltoztatja az etnikai egyensúlyt, rontja a régió kulturális sokszínűségét és hatalmas kihívást jelent az újonnan érkezők befogadása és ellátása. Ez nemcsak a menekültek elhelyezésére, hanem a foglalkoztatási és oktatási szektorra is vonatkozik. A közintézmények túlterheltek lesznek, hiszen az óvodáknak és iskoláknak képeseknek kell lenniük az érkező fiatalabb generációk fogadására, a kórháznak pedig készen kell állnia arra, hogy ne csak a sebesülteket és sérülteket, hanem a gyakori egészségügyi problémákkal küzdő újonnan érkezőket is ellássa. Tekintettel arra, hogy mindezen problémák rendezése számos erőforrást igényel, amelyekkel Kárpátalja egyáltalán nem rendelkezik.

Továbbá a fiatalabb generációk és a gazdaságilag aktív népesség hajlamosabb a migrációra. Ezek az emberek motiváltak arra, hogy hátrahagyják családjukat, hogy versenyképes fizetést kapjanak az Európai Unióban.

18 https://www.youtube.com/watch?v=Y3KGRzj71YU (Utolsó letöltés: 24.11.2022).

Napjainkban ez érinti az idősebb csoportokat is, mivel sokan közülük nem tudnak magukról gondoskodni, ezért követik korábban elvándorolt gyermekeiket. Nyilvánvaló, hogy a migráció felbomlasztja a helyi közösséget, ami nemcsak kulturális veszteséget, hanem súlyos demográfiai és szociális problémákat is okoz. A kedvezőtlen migrációs folyamatok miatt Kárpátalján csökken a termékenységi ráta, a gazdasági aktivitás és a munkaerő, ami folyamatosan rontja a régió lehetőségeit a hátrányos gazdasági helyzet kezelésére és leküzdésére.

A tömeges kivándorlás és a termékenységi ráta csökkenése drámaian megváltoztathatja a társadalom korszerkezetét. Korábbi kutatások azt mutatják, hogy Kárpátalja népességpiramisa viszonylag kiegyensúlyozott, hiszen a fiatalabb generációk aránya magasabb, mint a szomszédos országokban, ami fontos előnyt biztosít a régió számára. Kárpátalján belül a legkedvezőbb korszerkezettel a Rahói járás és a Szőlősi járás rendelkezik, míg a városi területeken és a hegyvidéki járásokban a fiatalok aránya nem olyan domináns, mint a korábban említett két déli járásban. A gazdaságilag aktív népesség aránya a városi területek szomszédságában a legmagasabb- mint például az Ungvári járásban, Munkácsi járásban vagy a Beregszászi járásban-, ahol a legtöbb munkahely található. Az elzárt, nehezen megközelíthető járásokban- Volóc járásban, Nagybereznai járásban, Mizhirja járásban- él a legtöbb idős ember, de az idősek aránya is csak kisebbségben van az egész társadalomban. Még ha a növekvő elöregedés nem is jelent aktuális problémát a régióban, az idősellátó rendszer fejlesztésével foglalkozni kell, mivel a jelenlegi állapot nem lesz elegendő a jövőbeni igények kielégítésére.

Az idősgondozási rendszer fejlesztése **Técső járást** is érinti, azonban az idősek jelenlegi jelenléte nem domináns a járásban. Ez hasonló a Rahói járáshoz, ahol a lakosság fiatal és az elöregedés problémája még nem merült fel. Habár ezeket a járásokat érinti a migráció negatív hatása, mely főként a fiatalabb generációkat érinti. Ha más ágazatokat (például a turizmust) válság sújtja - mint a szlatinai sóbányászatot-, az elvándorlás fokozódik és a gazdasági depressziót demográfiai válság követi.

Fontos felhívni a figyelmet a helyi kisebbségek határozott elöregedési tendenciájára. A leg szembetűnőbb változás a magyarok és a romák esetében történt. A magyar állampolgárság megszerzésének törvényi könnyítése óta a jelentős magyar kisebbséggel rendelkező településeken

nőtt az időskorúak aránya.[19] Továbbá a helyzetet tovább súlyosbítja a magyar kisebbség alacsony természetes gyarapodása, mely nem csupán a regionális átlagnál alacsonyabb, hanem természetes veszteségbe fordult. Ezzel szemben a romák termékenységi rátája magasabb, mint a többi nemzetiségé, ami fontos előnye lehet a régiónak, mindazonáltal kedvezőtlen életszínvonaluk akadályozza a társadalmi és munkaerő piaci integrációjukat.

Következtetések

- Szlatina és a környező mikrorégió az elvándorlás miatt fokozódó népességfogyással néz szembe.
- Az elöregedés valódi problémává válik a jövőben.
- A magyar kisebbség száma csökkent és várhatóan tovább csökken, míg a román kisebbség népessége stabilabb.
- A gazdasági válság sok fiatalt és vállalkozót arra késztetett, hogy elhagyja a várost.

Javaslatok

- A népességmegtartást a válságálló munkahelyekre és a fiatalabb generációk igényeinek jobb kielégítésére való összpontosítással lehet erősíteni.
- Az idősek gondozását és az egészségügyi ellátást javítani kell az idősödő népességgel együtt.

2.2.2. Etnikai struktúra

Nemcsak a kedvező földrajzi elhelyezkedés, hanem Kárpátalja és a Técsői járás **sokszínű etnikai struktúrája** is kihasználatlan, hiszen ezek a kisebbségek kulcsszerepet játszhatnak a hálózatépítésben, hiszen szociokulturális attitűdjeik hozzájárulhatnak a nyugati országokkal való szoros kapcsolat kiépítéséhez. Sajnos a kisebbségek jelenlegi helyzete nem ismert, mivel az utolsó népszámlálás 2001-ben volt, ami lehetetlenné teszi, hogy egyértelmű következtetéseket vonjuk le. A népszámlálás évében 7 nemzetiség volt, melyek aránya meghaladta a 0,1%-ot. A nemzetiségek többsége ukrán és ruszin volt (ez utóbbi nem tekinthető külön nemzetiségnek), akik Kárpátalja lakosságának 80,5%-át adják ki. A régió legnagyobb kisebbsége a magyar volt, melynek aránya meghaladta a 10%-ot (12,1%), 151 500 fővel.

[19] 2010. május 26-án a Magyar Parlament elfogadta az Állampolgárságról szóló 1933. évi LV törvény módosítását, mely bevezette az egyszerűsített honosítási eljárást.

A legtöbben a határ menti területen éltek, nevezetesen a Beregszászi járásban (76,1%) és a Szőlősi járásban (26,2%), de arányuk 10%-nál magasabb volt Munkácson (12,7%) és Ungváron (33,4%) is. Bár a nagy városokban 10% alatti volt a jelenlétük, Beregszászban a magyarok 48,1% -al a legnagyobb etnikai csoportot alkották. A magyarok mellett a románok (2,6%) és az oroszokat (2,5%) kell kiemelni, mivel arányuk 2% felett volt. Kárpátalja román lakossága a déli járásokra koncentrálódott (Técsői járás 12,4%, Rahói járás 11,6%), de arányuk a regionális jelentőségű városokban elhanyagolható. A romák esete bonyolultabb volt, mert arányuk 1,1% (14 000 fő), de tényleges számuk meghaladta a 40 000 főt. A népszámlálás szerint a romák többsége Beregszász városában (6,4%), a Beregszászi járásban (4,1%) és Ungvári járásban (4,1%) élt, anyanyelvük túlnyomórészt magyar volt.[20]

Kárpátalja **etnikai összetettsége Técső járásban** is érzékelhető, mivel a Máramaros medence és a felső völgye a különböző nemzetiségek találkozóhelye és olvasztótégelye volt. Szlatina esete még összetettebb volt, mivel a helyi (bányászati) potenciál és lehetőségek sok embert vonzottak etnikai hovatartozástól függetlenül, ami sokszínű etnikai mintázatot eredményezett. Egyedülálló módon Szlatina még nem vesztette el adottságait, mert a városi jellegű település lakói három etnikai csoportból állnak, melyek saját oktatási intézményeik és kulturális szervezeteik vannak, ahol saját anyanyelvüket használhatják és saját vallásukat gyakorolhatják. Ez a **sokszínűség kulcsszerepet játszhat a település és közösségének (hromada) jövőbeli fejlődésében**, hiszen a helyi turizmus nemcsak az ukrán turistákat, hanem a szomszédos országokból érkező románokat és magyarokat is meg tudja szólítani.

2001-ben Técső járásban kb. 171 900 ember élt, akiknek többsége (83,2%-a 143 000 lakos) ukrán volt. A fennmaradó lakosság többsége román volt (12,4%, 21 300 lakos), mivel a járás szomszédos Romániával[21]. A kárpátaljai románok a román határ szomszédságában élnek, különösen Szlatinán, ahol a legtöbb lakos román. A helyi románok a határhídon keresztül élénk kapcsolatot ápolhatnak **Romániával** is, különösen a tágabb térség történelmi központjával, Máramarossal, mely több, mint 30 000 lakost tömörít és regionális jelentőségű szolgáltatásokat nyújt a romániai oldalon, de részben az Ukrajnában élő románok számára is.

[20] Népszámlálás: http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Database/Census/databasetree_en.asp

[21] Népszámlálás: http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Database/Census/databasetree_en.asp

Mivel ez az etnikai csoport adja a helyi társadalom legnagyobb részét, kihasználják intézményrendszerük (iskolák és egyházak) kapacitását. A határ túloldalával való élénk kapcsolatnak köszönhetően a helyi román lakosság demográfiai helyzete kedvező és nem veszélyezteti komolyan demográfiai veszteség. Mivel Szlatina az ukrán oldalon a környező, románok által is lakott települések központja, a városi jellegű település a szomszédos falvak irányából népességgyarapodást tapasztal. Szlatina román migrációs többletet tapasztalt, tekintettel arra, hogy sok román falusi lakos számára vonzó városi migrációs célpont. Különösen az 1980-as és 1990-es években számos újonnan érkezett telepedett le azokban a családi házakban, melyeket a magyar származású helyi lakosoktól kaptak meg.

A harmadik legnagyobb etnikai csoport a Técsői járásban 2001-ben (a legutolsó rendelkezésre álló hivatalos adat) a **magyar** volt 2,9% -al (5 000 lakos), mely a fő településeken koncentrálódott: Técső és Szlatina. A legutóbbi népszámlálás szerint a magyar kisebbség aránya a második legnagyobb etnikai csoport Szlatinán. A Kisszlatina nevű járás az eredeti magyar településrész, melyet szinte teljes egészében magyarok laktak. A magyar lakosság erősen kötődött a bányászathoz, ahogy történelmileg egyre nagyobb lett, úgy költöztek ide magyarok. Demográfiai helyzetük nem olyan kedvező, mint a románoké, részben azért, mert nincs aktív szoros kapcsolatuk a többi kárpátaljai magyar kisebbségi csoporttal, illetve Magyarországgal. Elzárt nyelvi enklávét alkotnak, melyek csak saját demográfiai erőforrásukra támaszkodik. Ez az elkülönülés fokozza az elvándorlásnak és a demográfiai elöregesének való kitettségüket és kevés esély van a közösség megújulására.

Mivel a sokszínű helyi közintézményi rendszer- mely magában foglalja az óvodákat, az iskolákat, a közoktatási szervezeteket és az egészségügyi szolgáltatásokat- követi és tükrözi a település etnikai szerkezetét, a lakosok ragaszkodnak szülővárosukhoz és helyi közösségükhöz. Ezek az erős kötődések váltották ki a múltban a tömeges ellenállást a kitelepítési programmal szemben, mely megoldást kínált a veszélyeztetett lakosok kitelepítésének problémájára. Habár az áttelepítés gondolata megváltoztatná az etnikai mintázatot és az intézményrendszert, hiszen a kijelölt település - amelyet túlnyomórészt ukránok laknak- nem tud olyan sokszínű intézményhálózatot biztosítani, mint Szlatina, ami azt jeleni: áttelepítéssel a történelmileg kialakult heterogén helyi közösségek jellegzetes és értékes örökségükkel együtt megsemmisülnek. A helyiek tisztában vannak ezzel, ezért alacsony a költözési szándék. Ha a kitelepítés elkerülhetetlen, akkor a lakosságot a legközelebbi, etnikai hovatartozásuknak megfelelő településre kell áttelepíteni, ez az eljárás lehetővé teszi, hogy az érintett lakosságot a lehető legkisebb mértékben érje kár.

Következtetések

- A helyi lakosság még mindig nagyon összetett, soknemzetiségű háttérrel rendelkezik. Szlatina és környéke a Kárpátalján élő románok szívügye. A három sokszínű és nagy létszámú nemzeti csoportnak köszönhetően viszonylag sok közfunkciót biztosítanak és intézmény működik a hromadán.
- Az etnikai heterogenitás támogatja a kölcsönös megértést, a békés interkulturális és határokon átnyúló együttműködést, továbbá a nyelvtudás elősegíti a könnyebb üzleti, munkaügyi és turisztikai kapcsolatokat, a határ romániai oldalával, de a magyar közösségekkel és a belföldi ukrán lakossággal való interakciókat is.
- A rosszul megtervezett áttelepítési politika ellenőrizhetetlen negatív hatásokat okozhat a kisebbségi csoportokra, melyek az egész szlatinai társadalomra kihatnak.

Javaslatok

- Megfontolni a lehetséges áthelyezési megközelítéseket és városi szolgáltatási fejlesztéseket, helyi oktatási, vallási stb. politikákat, hogy az etnikai heterogenitás olyan hozzáadott érték, mely Szlatinát környéke kiemelkedő központjává teszik.
- Jobban megalapozni bármilyen nemzetközi kapcsolatot beleértve a kereskedelmet, turizmust és a kultúrát és a Szlatinán rendelkezésre álló többnyelvű és multikulturális környezetet.
- Magyarország és Románia, a városi és regionális tervezés, a kisebbségi politika nemzeti és helyi szereplói legyenek érdekeltek abban, hogy a három ország közös örökségébe fektessenek (pl. a határokon átnyúló tematikus kulturális útvonalak, történelmi műemlékek rekonstrukciójának támogatásával).

2.3. Gazdasági struktúra

2.3.1. Vállalkozások

Mivel egy terület népességmegtartó ereje jelentősen függ annak gazdasági helyzetétől, a helyi vállalkozások elemzése alapvető fontosságú. Kárpátalján a **vállalkozások száma**[22] 2020-ban 6 655 egységet tett ki, ami 544 egységgel magasabb, mint 2015-ben (6 111 egység). Az adatok szerint a vállalkozások számának növekedése az 5 regionális jelentőségű városnak köszönhető, tekintve, hogy az elmúlt évek során ezek a városi területek 592 egységgel gyarapodtak, ugyanakkor a járásokban 48 vállalkozás szűnt meg. 2015-ben a legtöbb vállalkozás a járásokban volt (52,2%, 3 187 egység), de 2020-ban a többség a városok felé tolódott el, mivel a vállalkozások 52,8%-a (3 516 egység) az 5 jelentős városban működött.

A járások szintjén Ungvár és Munkács városa a régió gazdasági motorja. 2020-ban a vállalatok 31,4%-a Ungvár városában (2 089 egység), 13%-a pedig Munkácson (868 egység) működött. A 2015-ös évhez képest ezek a városok nagymértékben tudtak javítani a vállalatok mennyiségén (Ungvár 315 egységgel, Munkács 181 egységgel), ami azt jelenti, hogy a vállalatok területi koncentrációja erősödött. Releváns javulás történt Beregszász városában (251 egység) és Huszt városában (252 egység) is, mivel az előbbi 47 egységgel, az utóbbi pedig 48 egységgel nőtt, ami megfelel a városi területek gazdasági fejlődésének. A járások esetében Ungváron volt a legtöbb vállalkozás, 603 egységgel, ami a vállalkozások összlétszámának 9%-át tette ki. Ez a kedvező mennyiség Ungvár városának és gazdasági jelentőségének köszönhető. Meglepő módon Munkács város nem tudta támogatni járása felzárkózását, hiszen 2020-ig Munkács járás 47 vállalkozást veszített és megelőzte Técső járást. A rangsor tekintetében Ungvár járást a legnagyobb népességű járások, mint a Szőlősi járás (454 egység) és a Técsői járás (359 egység) követik, melyek aránya 5% felett volt. Ezek a járások elmaradtak a régió gazdasági központjaitól, de kiemelkedtek a többi járás közül. Értelemszerűen a hegyvidéki járások rendelkeztek a legalacsonyabb gazdasági potenciállal, mivel a földrajzi periférián helyezkednek el. Jó példa erre a Volóci járás (64 egység), a Nagybereznai járás (66 egység) és Perecsenyi járás (85 egység), ahol a vállalkozások száma nem érte el a 100 egységet és a két előbbi járás esetében a gazdasági jelentőségük 1% alatt volt.

---

[22] Teljesítménymutatók 2015, 2020:
http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/osn_pok_rajon_2015.pdf
http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn_pok_rajon_2020.pdf

Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátaljai Statisztikai Főosztály)

Összességében a **Técsői járás** gazdasági potenciálja- a nagy gazdasági visszaesés után **Szlatinán**- még mindig figyelemre méltó, mivel nagyszámú lakossága hatalmas munkaerőt biztosít a régió számára. 2015 és 2020 között a vállalatok száma 17-tel nőtt, ami hozzájárult ahhoz, hogy a járás és Kárpátalja Ungvár és Munkács környékén található gazdasági magja közötti szakadékot csökkentsék. Ami a népesség volumenét illeti, azt mutatja, hogy az egy vállalatra jutó lakosok száma 26 fővel csökkent, így 2020-ban 486 lakos tartozott egy vállalathoz. Mivel Szlatina a Técsői járás egyik legnagyobb települése, ezáltal a járáson belüli gazdasági versenyképessége megkérdőjelezhetetlen. Mégis az **igazi nagyvállalatok hiánya Szlatinán** és környékén jellemzi a működő vállalkozások jelenlegi szerkezetét. Ez az oka annak is, hogy egy **új ipari parkot hoztak létre** 33 hektáros területen. Ez fontos eszköz lehet az egész mikrorégió számára a vállalkozásfejlesztés szempontjából, mivel az egész területen/régióban nem sok ilyen park van. Tervek születtek a bútor- és faipar fejlesztésére a területen belül. Ezek az üzemek csökkentenék a népességveszteséget és a külföldi munkavállalást (pl Máramarosban (Románia) Magyarország és Csehország). Az ipari park helyet adhatna a sóbányászathoz kapcsolódó feldolgozóüzemeknek is. Továbbá, érdekes tény, hogy a szlatinai románok inkább arról híresek, hogy rendelkeznek vállalkozói készségekkel és motiváltak a SME-k létrehozására. Ez történelmi okokra is visszavezethető, mivel korábban részt vettek üzleti és kereskedelmi tevékenységben. Például a kommunista rendszer idején a szezonális munkával megkeresett pénzből már akkor is megpróbáltak vállalkozást indítani, beléptek kolhozokba. Fizetésük egy része búza, kukorica, napraforgó stb. volt, amit feldolgoztak és eladtak az északi régiókba, de a helyi románok és ukránok is feldolgozták a karéliai fát, hogy eladják.

Figyelembe véve a főbb ágazatokat és tevékenységeket egy vállalkozás regionális és gazdasági jelentősége jelentősen függ a **vállalat méretétől**[23]. 2020-ban Kárpátalján mindössze 3 nagyvállalat működött, melyek a régió vállalkozásainak 0,04%-át teszik ki. Ezek közül kettő az ipari ágazathoz tartozott, egy pedig a szállítás és a raktározás területén működött. A közepes méretű vállalkozások aránya 4,4% volt, beleértve 292 egységet.

[23] Teljesítménymutatók 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_pidpr_econom_2020.pdf

A legtöbb ilyen vállalkozás (40,4%) az ipari ágazathoz kapcsolódott (118 egység), de más ágazatok is képviseltették magukat, mint például az egészségügy (12%, 70 egységgel), a mezőgazdaság és erdőgazdálkodás (7,5%, 22 egységgel) vagy a szállítás és raktározás (7,2%, 21 egységgel). A régiók vállalkozásainak több, mint 90%-a kisvállalkozás volt, mivel számuk meghaladta a 6 000 egységet (95,6% 6360 egységgel). A kisvállalatok esetében a nagy- és kiskereskedelmi ágazatban volt a legtöbb vállalkozás (1 466 egység, 23,1%), de az ipari ágazatban 1 017 egység (16%), a mezőgazdasági és erdészeti ágazatban 944 egység (15,6%), az ingatlanszektorban 646 egység (10,1%), az építőiparban pedig 535 egység (8,4%). Más ágazatok elhanyagolhatóak. Fontos kiemelni, hogy a kisvállalkozások túlnyomó többsége (88,8%) mikrovállalkozás volt 5 647 egységgel. A 2015-ös évhez képest szinte minden méretkategóriában nőtt a vállalkozások száma, kivéve a nagyvállalatokat, ahol nem történt változás. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata- Kárpátaljai Statisztikai Főosztály).

az

Ágazati szempontból[24] a legnagyobb ágazat a nagy- és kiskereskedelem volt 1 501 vállalkozással, mely a régió vállalatainak 22,6%-át tette ki. Az ipari szektor (1 137 egység, 17,1%) és a mezőgazdaság és erdőgazdálkodás (1 016 egység, 15,3%) meglehetősen azonos szinten volt, de az elmúlt években az ipar megelőzte a mezőgazdaságot, mivel az előbbi 223 új vállalkozással gyarapodott, míg az utóbbi 100 egységgel zsugorodott. Az ingatlanszektor (649 egység, 8,2%) 500 vállalat felett volt, míg a szállítás és raktározás (390 egység, 5,9%) és a tudományos tevékenység (355 egység, 5,3%) nem esett 300 egység alá. Több, mint 100 vállalat volt az adminisztratív szolgáltatások (291 egység, 4,4%), az információ és távközlés (232 egység, 3,5%), a szálláshely-szolgáltatás és vendéglátás (207 egység, 3,1%) és az egészségügy (171 egység, 2,6%) területén. Az egyéb szolgáltatások, mint például a művészet, a sport, a szórakoztatás, az oktatás vagy a pénzügyi tevékenységek 50 egység alatt maradtak (kevesebb, mint 0,7%). 2015 óta a legnagyobb javulás az ipar (+233 új vállalkozás), sz építőipar (+87 egység), az egészségügy (+87 egység) és a nagy- és kiskereskedelem (80 egység) területén történt, eközben a mezőgazdaság és erdőgazdálkodás (-100 egység), a szálláshely szolgáltatás és vendéglátás (-29 egység) és a tudományos tevékenység (-19 egység) területén csökkent a legnagyobb mertékben. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata- Kárpátaljai Statisztikai Főosztály).

24 A vállalkozások száma a gazdasági tevékenysége típusa szerint, 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_pidpr_econom_2020.pdf

Mindent figyelembe véve, az ipar a legmeghatározóbb ágazat a nagymértékű és egyre növekvő számú vállalkozással. Habár a „nagy" vállalatok száma még mindig alacsony, ami aránytalanságot eredményez a vállalkozások között. **Szlatina**- ami Kárpátalja egyik legnagyobb sóbányájával rendelkezett- még mindig jelentős (de drámaian leépült) szerepet tölt be az ipari ágazatban, ami kiegészült a turisztikai ágazat lehetőségeivel. Továbbá Szlatina elhelyezkedése- erdőkkel körülvéve- lehetővé teszi az erdészeti és az építőipari ágazat fejlődésének fokozását.

A vállalati mérethez hasonlóan a vállalkozások **alkalmazottainak száma**[25] is a gazdasági teljesítmény jelentős mutatója. Kárpátalján 2020-ban 88 779 alkalmazottat regisztráltak, akiknek többsége a járásokhoz tartozott (50,5% 44 823 alkalmazottal), de figyelemre méltó volt az 5 jelentős város aránya is (19,5% 43 956 alkalmazottal). A régió fő munkaadója a két nagyváros volt (Ungvár város 21 034 alkalmazottal és Munkács város 16 165 alkalmazottal), melyek együttesen a régió alkalmazottainak 41,9%-át (37 199 fő) birtokolták. A járások szerint az Ungvári járás (10 057 alkalmazott, 11,3%) és a két legnépesebb járás- Szőlősi járás (6 313 alkalmazott, 7,1%) és a Técsői járás (4 779 alkalmazott, 5,4%) -a lista élén álltak, közvetlenül megelőzve a Szolyvai (4 661 alkalmazott, 5,3%) és a Munkácsi járást (3 853 alkalmazott 4,3%). Az adatok fényében a régió foglalkoztatási tengelye az alföldet és a hegylábakat találkozási sávot fedi le. Következésképpen a legkedvezőtlenebb számokat (2 000 főnél kevesebb munkavállaló) az északkeleti járások esetében észlelték- mint például a Volóci járásban (823 fő, 0,9%), Mizshirja járásban (1 137 fő, 1,3 %) és a Nagybereznai járásban (1 200 fő, 1,4%) - amelyek infrastruktúrája és elérhetősége elmaradott és a gazdaságilag aktív lakosság száma viszonylag alacsony. A 2015-ős évhez képest az arányváltozás mértéke a Huszti járásban (+117,9%, +1 704 fő), a Volóci járásban (+66,9%, +330 fő) és a Técsői járásban (+63%, +1 847 fő) volt a legmagasabb, ami a Máramarosi medence gazdasági fejlődését igazolja. Ezzel szemben a legnagyobb visszaesés az Alföldön történt, mint például a Beregszászi járásban (-24,4%, -407 alkalmazott), a Munkácsi járásban (-14,5%, -652 alkalmazott), Beregszász városában (-11,6%, -485 alkalmazott) és a Szőlősi járásban (-11,3%, -805 alkalmazott). (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata- Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

25 A gazdasági egységekben foglalkoztatottak száma , 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_zpr_subj_rajon_2020.pdf

Ami **Szlatinát** illeti, az **SME szektor**, mely a korábbi évekhez képest több embert tudott foglalkoztatni a nagy iparágak, nevezetesen a sóbányászat összeomlása miatt. Fontos megjegyezni, hogy már a szovjet időkben is korlátozott volt a foglalkoztatottak száma a sóbányán kívül, ami arra kényszerítette különösen a helyi férfiakat, hogy a járáson kívül, gyakran Kárpátaljától távol, helyezkedjenek el. (interjú Kocserha úrral, 2022).

Az összes **munkaerőköltség**[26] értéke a vállalkozások által kifizetett munkaerőköltségek összesített összegét mutatja. Ez a szám Kárpátalján- a 2020-as évben- 9 783 922 ezer UAH volt. Ennek aránya megfelelt az előző rangsornak, mivel összefüggést mutat a foglalkoztatottak számával. Ungvár város (2 190 281 ezer UAH) és Munkács város (1 847 391 ezer UAH) megelőzte az olyan járásokat, mint az Ungvári járás (1 5995 959 ezer UAH), Szőlősi járás (820 038 ezer UAH) és a Técsői járás (569 937 UAH). Ezen felül a rangsort Csap városa (78 513 ezer UAH), a Volóci járás (92 980 ezer UAH) és a Mizshirja járás (92 980 ezer UAH) zárta, ahol a teljes munkaerőköltség nem haladta meg a 100 000 ezer UAH-t. Másrészt az **eladott termékek mennyisége**[27] más mintát mutat, mint a munkaerőköltségek és az alkalmazottak száma. 2020-ban az eladott termékek teljes mennyisége 64 377 347 ezer UAH volt, melynek több, mint a felel Ungvárra (17 227 811 ezer UAH, 26,8%), Munkács városára (13 523 221 ezer UAH, 21%) és az Ungvári járásra (11 214 225 ezer UAH, 17,4%) koncentrálódott, míg a többi területi egység aránya 5% alatt volt, kivéve a Técsői járást (4 022 643 ezer UAH, 6,2%) és a Munkácsi járást (3 533 7002 ezer UAH, 5,5%), melyek valamivel felette voltak. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

A pénzügyi egyensúly határozza meg a **vállalkozások jövedelmezőségét**[28]. Kárpátalján a vállalatok 74,2%-a volt nyereséges 2020-ban, ami a 2015-ős évhez képest (79,2%) visszaesést jelent. A nyereséges vállalkozások aránya különösen magas – több, mint 80%- volt az alföldön (Szőlősi járás 86,1%, Beregszászi járás 85,3%) és a Técsői járásban (83,3%). A területi egységek többsége (12 területi egysége) a 70-80%-os kategóriába tartozott, míg Ungvér város (67,6%), a Perecsenyi járás (65,8%) és Csap város (57,4%) 70% alatt volt. Sajnos 2015 óta minden területi egységben csökkent a nyereséges vállalkozások aránya.

[26] Teljesítménymutatók 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn_pok_rajon_2020.pdf

[27] Teljesítménymutatók 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn_pok_rajon_2020.pdf

[28] A vállalkozások pénzügyi eredményei 2015, 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/fin_res_rajon_2015.pdf; http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/fin_res_rajon_2020.pdf

A regionális átlag -5%-pont volt, amit csak hat egységben haladtak meg. A legkisebb csökkenés Beregszászban (-0,2%-pont), Ungváron (-1,3%-pont) és járásaikban (Ungvári járás -2,3%-pont, Beregszászi járás -3,5%-pont) következett be, de a területi szint felett volt a Técsői járás (-4,1%-pont) és Munkács város (-4,2%-pont) értéke is. A legveszélyeztetettebb vállalatok- ahol a csökkenés meghaladta a 10%-pontot- a hegyvidéki térségben voltak, mivel a Volóci járás 17,8%-ponttal, a Szolyvai járás 13,8%-ponttal, a Nagybereznai járás 13,1%-ponttal és a Perecseni járás 10,5%-ponttal csökkent. A területi egységek pénzügyi mérlege vagy pénzügyi eredményei alapján 5 egység a pozitív kategóriába, 6 egység a negatív kategóriába került, míg a többi egység kategóriája nem változott: 4 egység maradt pozitív, 3 egység pedig a negatív kategóriában maradt. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

A **Técsői járás** esetében a foglalkoztatottak száma- a helyi lakossági csoportok figyelemre méltó számának köszönhetően- 2015 óta nőtt, és a járás az élcsoportban foglalt helyet. Az eladott termékek mennyisége alapján a Técsői járás, bár jelentősen elmaradt a régió gazdasági magjától, a többi járáshoz képest még mindig kiemelkedő volt. A jövedelmezőség alapján a járás a harmadik legkedvezőbb értékkel rendelkezett, még ha 2015-höz képest csökkent is az eredmény. Végül a Técsői járás pénzügyi egyensúlya is javult, hiszen pénzügyi eredménye a 2020-as években pozitív lett. Mivel Szlatina a Técsői járás egyik legfontosabb és legnagyobb települése, jelentős szerepet tölt be a járáson belül és nagyban meghatározza a járás gazdaságát.

Következmények

- A nagyvállalatok hiánya a sóbányászati vállalat összeomlása után továbbra is fennáll.
- Szlatinának új gazdasági területekre van szüksége ipari park formájában a gazdasági növekedés serkentéséhez.

Javaslatok

- Az új ipari parkok fejlesztése a nagyobb vállalatok, a magasabb hozzáadott értékű feldolgozóipar vonzása érdekében.

- Az uniós szabványok keretében támogassuk a bútoripart, a sófeldolgozást és más életképes vállalatokat, melyek csökkenthetik a külföldi munkavállalást és növelhetik a vállalkozássűrűségét.
- Vegyük figyelembe az etnikai románok vállalkozói készségeit és kapcsolatait, akiknek jobbak a növekedési kilátásaik és akik nagyobb valószínűséggel hoznak létre és működtetnek vállalkozásokat.

2.3.2. Foglalkoztatás

A foglalkoztatottak száma a **vállalkozások gazdasági tevékenységének típusa**[29] szerint csak regionális szinten is hozzáférhető. Kárpátalján a foglalkozatottak több, mint 40%-a az ipari ágazatban dolgozott (42,4%, 37 626 munkavállaló) 2020-ban, ami kiemelkedik a többi ágazatból. Ez egy ágazat orientált (monostrukturális) gazdaságot jelent, ami növeli a foglalkoztatás sebezhetőségét. A második és harmadik legfontosabb ágazat az egészségügy (23,9%, 21 184 munkavállaló) és a nagy- és kiskereskedelem (10,8%, 9 574 munkavállaló), mivel arányuk meghaladja a 10%-ot. A szállítás és raktározás (5,8%, 5 137 munkavállaló), valamint a mezőgazdaság és erdőgazdálkodás (5,5%, 4 883 munkavállaló) szintén jelentős szerepet játszott a régió foglalkoztatásában, több, mint 5%-os arányban. A többi ágazat nem foglalkoztatott több mint 1 000 munkavállalót a régióban. Következésképpen a tudományos ágazat és az oktatás helyzete kedvezőtlen és fejletlen, mivel az alacsony foglalkoztatottság nem képes hatalmas fejlődést és előrelépést generálni a kutatás és az innováció területén, ami képes lenne fellendíteni a gazdaságot. Az elmúlt évek során 2015 óta a foglalkoztatottak száma 16,6% -kal nőtt (+12 637 munkavállaló). Míg az egészségügy és a szociális ellátás 647,2%-kal javult (+184 349 munkavállaló), addig az ipar 10,6%-kal csökkent (-4 453 munkavállaló). Az egészségügyi ágazat kiemelkedő fejlődése arra utal, hogy az egészségügy képes volt felszívni azokat a munkanélkülieket, akik korábban az ipari ágazatban dolgoztak. Az egészségügyi ágazat mellett az építőipar (+27,4%, +613 fő), a szállítás, raktározás (+5,7%, +276fő) és az információ, távközlés (+5,6%, +44 fő) tudott sikereket elérni, míg a pénzügyi, biztosítási tevékenység (-36,4%, -106 fő), az ingatlanügyek (-22,4%, -494 fő), az átmeneti szállásadás, vendéglátás (-20,8%, -312 fő) és a tudományos, műszaki tevékenység (-20,4%, -230 fő) csökkent leginkább.

[29] A vállalkozásokban foglalkoztatottak száma a gazdasági tevékenység típusa szerint 2015, 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/kil_npr_pidpr_econom_2015.pdf; http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_npr_pidpr_econom_2020.pdf

(Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

A **teljes munkaidőben foglalkoztatottak száma**[30] kiegészíti a korábban ismertetett, a vállalkozásokhoz tartozó adatokat. Kárpátalján 2020-ban 148 580 teljes munkaidős alkalmazott dolgozott, akiknek többsége Ungváron (25%, 36 612 fő) és Munkácson (15%, 22 492 fő) regisztráltak. Mindössze 3 olyan területi egység volt még, ahol a teljes munkaidőben foglalkoztatottak száma megközelítette a 10 000 főt. Ezek a területek az Ungvári járás (7%, 10 762 fő), a Szőlősi járásban (7%, 10 077 fő) és a Técsői járásban (7%, 9 709 fő) voltak, míg a legelmaradottabb területek Csap város (1%, 1 718 fő), Beregszászi járás (2%, 2 972 fő) és az északkeleti hegyvidéki járások (Volóci járás: 1%, 2 060 fő; Nagybereznai járás 2%, 2 504 fő; Perecsenyi járás: 2%, 3 237 fő). 2015 óta a teljes munkaidőben foglalkoztatottak számában bekövetkezett változás volumene elsősorban csökkenést jelentett, mivel a régió 16 464 főt veszített (-10%). Csak 5 területi egységben volt növekedés, például az Ungvári járásban (+22,8%, +1 997fő) és a Huszti járásban (+6,3%, +336 fő). Ezzel szemben négy olyan terület volt- Huszt város (-32,6%, -2 181fő), Beregszász város (-29,4%, -2 240fő), Perecsenyi járás (-22,6%, -947 fő), SZőlősi járás (-22%, -2 847 fő)- ahol a csökkenés értéke meghaladta a 20%-ot. A Técsői járásban csökkenés (-11,2%, -1 227 fő) történt, de ennek mértéke mérsékeltebb volt. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

A területi különbségek a **teljes munkaidőben foglalkozatottak havi átlagfizetése**[31] esetében is érzékelhetőek. Kárpátalján a havi átlagbér 2020-ban 10 188 UAH volt, amit csak négy területi egységben haladt meg. A legmagasabb fizetések a régiókban főként Ungvár városában (11 187 UAH) és közvetlen szomszédságában - mint például Ungvári járás (13 534UAH) és Perecsenyi járás (10 368 UAH) -voltak, melyek a régió vezető vagy húzó területei. Érdemes megemlíteni, hogy a Szőlősi járásban (10 358 UAH) az átlagbér, magasabb volt a kárpátaljai szintnél, és a régió déli részén volt a legmagasabb. A legalacsonyabb bérek a hegyvidéki járásokban voltak, különösen a Szolyvai járásban (8 244 UAH), a Nagybereznai járásban (8 270 UAH), Huszt városban (8 301 UAH) és a Huszti járásban (8 647 UAH).

[30] Teljes munkaidős alkalmazottak száma 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dohodi/2020/pracivniki_rajon_2020.pdf

[31] Teljes munkaidős alkalmazottak átlag havi fizetése 2020: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dohodi/2020/zarplata_rajon_2020.pdf

A Técsői járásban a havi bér 9 306 UAH volt, ami elmaradt a regionális szinttől, de kedvezőbb volt, mint a hegyvidéki járásokban. Az infláció miatt a fizetések értéke 2015 óta nőtt. A növekedés százalékos aránya az Ungvári járásban volt a legmagasabb (94,4%), az Ilosvai járásban (84,8%), a Huszti járásban (72,1%) és a Técsői járásban (71,8%), ahol a változás mértéke több, mint 10%-pontos volt a regionális szinthez (60,2%) képest. Az infláció (bérnövekedés) által kevésbé érintett területek a Nagybereznai járás (45,2%) és a városi területek, mint Beregszász (49,2%), Csap (50,9%) vagy Huszt (51,4%). (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

A **munkanélküliség**[32] helyzete Ukrajnában mindig is rosszabb volt, mint a nyugati szomszédos országokban, de Oroszország Ukrajna elleni háborúja tovább fokozta a munkaerő kedvezőtlen helyzetét. A munkanélküliségi adatok hiányában nincs lehetőség az adatok regionális szintű elemzésére. Kárpátalján 2020-ban a munkanélküliség aránya – munkaképes korú lakosságot figyelembe véve- 11% volt, ami 1,1%- ponttal haladta meg az országos szintet (9,9%). Ezzel szemben 2014-ben a két adat közötti különbség elhanyagolható volt (0,1%-pont), mi több, Kárpátalján (9,6%) alacsonyabb volt a munkanélküliségi ráta, mit az országos átlag (9,7%). Figyelembe véve **Szlatina** foglalkoztatási helyzetét, a **munkanélküliség szintje viszonylag alacsony**. A munkanélküliség inkább súrlódásos és strukturális jellegű és kevésbé függ össze az iskolai végzettséggel vagy más okokkal. A munkanélküliség korlátozott kihívást jelent, figyelembe véve, hogy sokan külföldön dolgoznak, illetve külföldre menekültek, vagy helyben találtak munkalehetőséget, mivel a szlatinai térségben elegendő munkahely van. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata)

Amint az előző adatok is mutatják, Szlatina és a Técsői járás helyzete összetett. Kiemelkedik az elmaradott keleti járások közül, de nem tud felzárkózni a régió gazdasági magjához. A munkanélküliségi ráta jelentősen megnőtt, amikor 2010-ben bezárták a járás egyik főmunkaadóját (a szlatinai bányákat). 2008 és 2010 között- amikor két megmaradt bányát is bezártak- 600 ember veszítette el a munkáját, mivel a gyár és a sóbánya sem működött tovább (Onencan et al., 2018). A két földalatti allergológiai kórház is megszüntette működését 2010-re (Móga et al., 2019). Az egyetlen jó hír a bányabezárásokkal kapcsolatban az volt, hogy a bányák nem egyszerre zártak be, hanem ez inkább egy hosszú, 20 éves leépülési folyamat volt. A vállalkozások megszűnése miatt- melyek a sóbányászathoz kapcsolódtak- depresszió kezdődött, hiszen Szlatina

[32] Munkanélküliségi arány 2020: http://ukrstat.gov.ua/

városában az elsődleges bevételi forrás a són alapult.

Sajnos a bányák bezárása nem jelentette a helyi gazdasági válság végét, mivel a bányák süllyedésének hatása és a potenciális környezeti veszély elriasztotta az új befektetőket. Ezért nem csak az új gazdasági szereplők hiánya okoz nehézséget, hanem a meglévő helyi cégeknek is meg kell küzdeniük a település geológiai kockázatának rossz hírével, ami további üzletbezárásokat idézhet elő. A Técsői járás egyik potenciálja a munkaerő, hiszen a teljes munkaidőben foglalkozatottak száma alapján a járás vezető szerepet tölt be a régión belül. Mindazonáltal ez a szám (a régióhoz képest erőteljesebben) csökken és 2020-ban 10 000 munkavállaló alá zsugorodott. Továbbá a bérszínvonal a járás másik hátránya, tekintve, hogy nem éri el a regionális szintet, és az infláció sincs ellenőrzés alatt.

A szlatinai munkaerőpiac nagymértékben függ a sóval kapcsolatos turizmus sorsától. Az **átszervezés és a foglalkoztatásnak az iparról a tercier szektorra történő átcsoportosítása** már majdnem befejeződött. A rendelkezésre álló sóforrás nagyszerű lehetőség a gyógyturizmus számára, hogy több lakost foglalkoztasson és jövedelemhez juttasson, de a fejlesztéseknek a fenntarthatóság elvein kell alapulniuk és együtt kell járniuk egy állandó ellenőrző rendszer kiépítésével. Az adatokat figyelembe véve 2020-ig az egészségügyi ágazatban foglalkoztatottak száma jelentősen megnövekedett Kárpátalján (az ipari ágazatban foglalkoztatottak helyett), ami szoros kapcsolatban áll a szlatinai gyógyturizmus gazdasági növekedésével.

Következtetések

- Kevésbé a munkanélküliség szintje, hanem a foglalkoztatás szerkezet okoz problémákat, és a kedvezőtlen struktúra.
- A foglalkoztatásban átszervezések történtek az ipari csökkenő részarányával és az egészségügyi és szociális szolgáltatások, az építőipar és a kereskedelem növekvő szerepével párhuzamosan.
- A munkaerőpiac nagyon monostrukturális, a bányaipar összeomlása után a turizmusra, mint új fő bevételi forrásra összpontosít.
- A fizetések és a jövedelmi szintek meglehetősen alacsonyak.

Javaslatok

- A foglalkoztatási ágazat sebezhetőségét az iparon kívüli egyéb tevékenységek támogatásával lehet kezelni, mely még mindig a fő munkaadó.

- A sok új munkahely helyett a magasabb hozzáadott értékkel és potenciális jövedelemmel rendelkező tevékenységek, például az egészségügy és az egészségturizmus, a feldolgozóipar stb. fejlesztése lehetne az irány.

2.3.3. Sóbányászati ipar

Amint azt korábban részben már említettük, a **sóbányászat volt Kárpátalja egyik legfontosabb értéke,** mely a Máramarosi medence fejlődését indukálhatta. Szlatina felvirágzása erre a természeti örökségre épült, mely lehetővé tette, hogy a település körül 9 bányát nyissanak. Az első hat az 1930-as évekig sekély mélységben működött, míg a másik három mélyebbre nyúlt és nagyobb kockázattal működött. A hetedik bányát a szovjet korszakban bezárták, de a 8. és 9. számú 2008-ig és 2010-ig működtek (Stoeckl et al., 2020). A bányák felhagyásának több oka is van: a nem megfelelő üzemeltetés és a karbantartás hiánya a tartóoszlopok összeomlásához vezetett és árvizeket okozott. A működő bányák nagyszámú, megfelelő tudással rendelkező (többnyire kézi és néhány képzett, műszaki) munkaerőt igényeltek, de az új lakosok érkezése más igényeket is támasztott: jobb és elegendő lakásállomány, új intézmények (oktatási, egészségügyi, közigazgatási) a különböző nemzetiségek tekintetében, szélesebb körű funkciók és szolgáltatások. Mivel a bányákban rejlő hatalmas potenciál háttérbe szorította a többi potenciális ágazatot, a helyi gazdaság diverzifikációja nem történt meg, ami tovább fokozta a helyi társadalom gazdasági kiszolgáltatottságát. A gazdasági válság 2010-ben a 8. bánya bezárásával tört ki. A késő szovjet korszak csúcsidőszakában összesen 1500-2000 alkalmazott dolgozott a bányavállalatnál. A sóbányászatban 2022 júniusban már csak 50-60 fő volt aktív (interjú Kocserha úrral, 2022). A bányavállalat területén számos létesítmény összeomlott és szinte teljesen eltűnt (pl. asztalosműhely, fűrészmalom, bányatorony). A megmaradt építmények közül egyedül az egykori igazgatósági épület érdemel említést.

Szlatinát nem csak a gazdasági válság, hanem a **környezeti katasztrófa** is sújtotta. Az ipari ágazat összeomlása után a turizmus és az erdőgazdálkodás (az építőiparral együtt) voltak azok a fő ágazatok, melyek munkát tudtak adni a helyi lakosoknak. Még ha a sóbányákat be is zárták, a megmaradt sókészlet sok látogatót és beteget vonzhat Szlatinára. A városi jellegű település bányászati örökségének megőrzése azért is fontos, mert a berendezések és az infrastruktúra még mindig megvan és a térség kulturális örökségéhez tartozik. Továbbá Szlatinának, mint határpontnak ki kellene használnia kedvező földrajzi elhelyezkedését és kisebbségi csoportjait, hogy ne csak belföldi, hanem külföldi turistákat is vonzzon.

Figyelembe véve a tágabb összefüggésben és a helyi körülményekben a közelmúltban bekövetkezett változásokat, **lehetőség van a bányászat nagyobb léptékű újraindítására**. (interjú Kocserha úrral, 2022). A háborúval kapcsolatos problémák Ukrajna legnagyobb sóbányájában, a Donyecki terület szlatinai sóbányájában, mely számos keleteurópai régió számára kínált sót, a szlatinai erőforrások szerepe nagyobb jelentőséget kapott. A só keresett termékké vált Ukrajna többi részén. A bányák újraindítása lendületet adna az új ipari park fejlesztésének is, ahol feldolgozóüzemet lehetne létesíteni. Mégis, a múltbéli és jelenlegi ajánlásokat figyelembe kell venni, amennyiben a bányászati tevékenység növelését tervezik.

Következmények

- A sóbányászatnak nagy hagyománya van Szlatinán, mivel a mai Szlatina fejlődése elsősorban a bányászaton alapult. Ez azt is jelenti, hogy a sóbányászat helyzete meghatározza a helyi gazdaság jelenét és jövőjét és nem másodlagos, hogy mi fog történni az ágazattal.
- A bányászat, mint iparág, összeomlott, de van esély a bányászat újraindítására Szlatinán, távolabb a régebbi bányáktól, ami kevésbé zavarná a városi területeket.
- Részben a sóbányászat miatt alakult ki a són és a sós tavakon alapuló turizmus.

Javaslatok

- Ez további vizsgálat tárgyát képezni annak kiderítésére, hogy környezetvédelmi és gazdasági szempontból megvalósítható-e a sóbányászat újjáépítésének támogatása. Pozitív válaszok esetén szigorú megfigyelés kell alkalmazni.
- A bányászat a település és a tágabb régió közös kulturális örökségének is tekinthető, beleértve a szlatinai hromadát is, mely támogathatja a nemzetközi turizmust.
- A volt bányászati létesítmények és helyiségek egy része innovatív sport és szabadidős fejlesztések célpontja lehet, mint például extrém sportok, városi játékok, szabadulószobák, színház, stb, valamint interaktív szabadtéri és földalatti kiállítások. A kockázatértékelés azonban itt is elengedhetetlen, mielőtt bármilyen döntés születne.

- A sófeldolgozást és a sóbányászaton alapuló termékeket a korábbi időkhöz képest jobban kell támogatni, ami azt jelenti, hogy a só nem csupán egy nagy mennyiségben bányászható nyersanyagnak tekinthető.

2.3.4. Mezőgazdaság

Bár a **mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás nem a fő ágazat Szlatina** és a Técsői járás **gazdasági szerkezetében**, mégis megélhetést biztosít az emberek számára. A járásban leginkább a legeltetés és az erdőgazdálkodás a közös mezőgazdasági tevékenység, de néhány zöldség- és gyümölcsfa is elviseli a Máramarosi medence éghajlatát. A mezőgazdaság kevés szerepet játszik a jólét megteremtésében a szlatinai hromadában. A helyi ágazatról szólva megemlíthető a juhtenyésztés a jellegzetes sajt- és túrótermékekkel. Kevés vállalkozó van, aki nagyobb számú juhot tart. Nagyobb vállalkozásokat nem ismerünk a mezőgazdasági vagy élelmiszeripari ágazatban, inkább a helyi háztartások tartanak némi termelést saját és kis léptékű célokra, főként a következő területeken.

Habár a sóbánya kérdésével kapcsolatos környezeti hatások a mezőgazdaságra is nagy hatással vannak. A süllyedések, a földcsuszamlások és a növekvő víznyelők korlátozzák a szántóföldek kiterjedését. Ráadásul a pásztorok és a legeltetők- a váratlan földcsuszamlások veszélye ellenére- inkább az elhagyott bányák felszínét használják, mivel ezek a sivatagos területek alkalmasak a legeltetésre. De nem csak a szántóföldek területének csökkenése okoz jelentős kihívásokat a gazdák számára, hanem a talaj és a talajvíz szennyezettsége is. A tisztítatlan szennyvíz beáramlása és a háztartási hulladék illegális elhelyezése rontja a szántóföldek minőségét. Továbbá a víznyelőkben felhalmozódott sós víz is komoly kockázati tényező, mivel könnyen károsíthatja az árterek ökológiai állapotát és a szántóföldek minőségét. Az öntözővíz növekvő kloridszintje nem csak a Técsői járásban, hanem további kárpátaljai, romániai és magyarországi folyószakaszokon is hatalmas akadályt jelent a mezőgazdaság számára.

A földtulajdonosok és az érintett gazdálkodók aggodalma nem indokolatlan, hiszen megélhetésük kerülhet veszélybe. Az ő érdekükben nagyobb figyelmet kellene fordítani a talajvíz minőségére és a sós víz kezelésére.

Következtetések

- A mezőgazdaság kevésbé fontos szerepet játszik az iparhoz vagy a turizmushoz képest.
- A mezőgazdasági tevékenységek is veszélyben vannak a szennyezés és a korábbi bányászati tevékenységgel kapcsolatos földmozgások miatt.

Javaslatok

- A fenntartható mezőgazdasági termelés biztosítása érdekében célszerű lenne egy átfogóbb fölhasználati tervezést alkalmazni.
- A gazdaság és a jövedelemforrások diverzifikálása érdekében támogatni lehetne a helyi és regionális termékrendszereket a feldolgozás, a tárolás, a kereskedelem, a címkézés és a marketing területén.
- A vállalkozói készségeket fejleszteni lehetne olyan vállalkozások létrehozása érdekében, melyek több és diverzifikáltabb jövedelmet biztosítanak a helyi lakosság számára.

2.3.5. Turisztikai szektor

Kárpátalján a **turizmus**[33] **nagy lehetőségeket kínál a gazdaság fellendítésére**, mivel a régió számos kulturális és természeti örökséggel rendelkezik. Sajnos ezeket az adottságokat nem használják ki teljes mértékben az ukrán-orosz konfliktus miatt, mely 2014 óta távol tartja a külföldi turisták egy részét Ukrajnától. A COVID-19 járvány előtt (2019-ben) a szállodák és egyéb ideiglenes szálláshelyek száma 59 volt, 4 672 férőhellyel, melyeket 102 410 személy vett igénybe. Az utazásszervezők és utazási irodák adatai szerint a legtöbb turista Kárpátalján 2013-ban (92,6% 6 414 fő) és 2019-ben (98,6%, 7 968 fő) is belföldi volt. Ez azt jelenti, hogy a régió szervezett turisztikai portfóliója a belföldi igényekre összpontosított és nem használja ki a földrajzi közelséget és a szomszédos országokkal való kulturális kötődést. Feltehetően ezek a turisztikai kapcsolatok továbbra is léteznek, csak éppen az ukrán utazási irodák bevonása nélkül. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

Szlatina városi típusú település turisztikai ágazatára összpontosítva 2002 és 2008 között körülbelül 100 000 látogató érkezett évente Szlatinára (Móga et al., 2019).

33 Turisztikai mutatók: http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob_rozm.pdf; http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/tur_potoki.pdf

Néhány ével ezelőtt a főszezonban 3000 ember tartózkodott egyszerre a településen, ami 2021-re 4000-5000 turistára nőtt (interjú Kocserha úrral). A turizmus még mindig túlságosan is három nyári hónapra koncentrálódik. A **szezonalitás** nyilvánvaló, mivel a telet alacsony beáramlás jellemzi. A turisták 90%-a Ukrajna más részeiből érkezik. A vendégek túlnyomó többsége az ország nyugati régióból, pl. Lembergől vagy Kárpátalja többi részéből érkezik. Az elmúlt években a vendégek száma a legközelebbi népszerű síközpont közelségének köszönhetően is nőtt, és a helyi üzletemberek Szlatinán látják is a lehetőséget tevékenységük bővítésére. (Ukrajna Állami Statisztikai Szolgálata-Kárpátalja Statisztikai Főosztály)

A **vendégek növekvő száma** a turisztikai infrastruktúra, nevezetesen a szálláshelyek és a vendéglátás, valamit a vendéglátóipar fejlődését indította el. Szlatina igazi üdülőközponttá vált, szállodákkal, bárokkal és egyéb szálláshelyekkel. Az infrastruktúra spontán módon épült ki, és főként a Kunigunda sós tóra összpontosított, melyet kisebb gátakkal osztottak fel, hogy a fürdőzők számára megfelelő vízszintet biztosítanak (Stoeckl et al., 2020). A szálláshelyekről szólva, a nyári főszezonban néha 2000-nél is több turistát szállásolnak el helyben (interjú Kocserha úrral, 2022). Viszonylag új jelenségként egyre nagyobb és jobb minőségű szállodák épülnek. Összesen több, mint 60 **szállásegység** működik, ezek egy része néhány tucatnyi turistát fogad, míg mások nagyobb létesítmények. Ezen kívül sok más magánszálláshely (családi házak, lakások) további ágyakat kínálnak a nagyobb szlatinai szálláshelyeknek, hogy bővítsék működésüket. Az **ágazat a lakosok számára is többletbevételt biztosít**, mivel a szabad szobáikat vagy házaikat bérbe adhatják a látogatóknak. Az elmúlt 10-11 évben a „bulinegyedből" a rekreációs területre való átállás figyelhető meg, ami kevesebb élőzenét, bárokat, éttermeket, nonstop bulizást és kisebb fürdőket, medencéket, egészségügyi szolgáltatásokat eredményez. Sajnos Oroszország Ukrajna elleni háborúja megállíthatja a szlatinai turizmus e típusának további fejlődését, ami rontja a helyiek megélhetését. Mégis, még 2022 nyarán is új turisztikai létesítmények épültek.

Hangsúlyozni kell, hogy ez szorosan kapcsolódik az **egészségturizmushoz**, nevezetesen a tavakhoz és a kórházakhoz. A só (és a sós tavak) turisztikai célú felhasználása, mint a szlatinai erőforrások fejlesztése az 1970-es években kezdődött, de leginkább csak a 2000-es években erősödött fel, amikor a bányászat már nem tudott annyi embert foglalkoztatni, mint a korábban. Az egykori bányaterületen kialakított tavakban fürdenek a beutazók, továbbá a szálláshelyeknél szolgáltatásként egyre több édes- és sósvizes medencét alakítottak ki. A helyi ajándékboltok és élelmiszerboltok is profitálnak az érkező turistákból.

A gazdasági fejlődés mellett az idegenforgalom fontos szerepet játszik a helyi lakosok foglalkozgatásában, akiknek más munkalehetőségük Szlatinán korlátozott.

Szlatinán két **kórház** működik, melyek a település fontos társadalmi –gazdasági értékei. A kárpátaljai terület által fenntartott kórházban 100 asztmás és légzőszervi megbetegedésben szenvedő beteget kezelnek. A nemzeti kórházban 350 beteget kezelnek. Több, mint 500 ember dolgozott a két kórházban, ami a település fontos ágazatává teszi. Az egész hromadára kihatással lenne, ha a kórház leállna, tekintve, hogy sok értelmiségit, orvost és más fontos helyi munkaerőt és humán tőkét lehet megtartani azáltal, hogy ezek az egészségügyi intézmények megvannak. Mivel a földalatti kamrák egészségügyi haszna nagy jelentőséggel bír, földalatti allergológiai kórházakat hoztak létre, melyek nemcsak Kárpátaljáról, hanem az anyaország más részeiről is fogadnak betegeket. A bányák bezárása és instabilitása után a kórházak már nem tudták használni a kamrákat. A **sóhoz kapcsolódó kórházi kezelések iránt még mindig nagy a kereslet**, ami hatalmas potenciált jelent Szlatina számára, ha az egész helyzetet megfelelően kezelik és ellenőrzik. Még a sókamrák bezárásával együtt is megmaradt a gyógyturizmus lehetősége, mivel a kórházi kezelések, a sómedencék és az iszap egészségügyi előnyei megfeleltek és az orvosi turizmus a gyógyturizmussal bővült.

Az üdülőterület spontán és koordinálatlan kezelése, valamint a felhagyott bányák közelsége veszélyt jelent. A víznyelők szennyeződése- az illegális szemetelés által- közvetlen hatással van a strandok vízminőségére. A Kunigunda-tó vizének véletlenszerű szennyezése rontaná Szlatinai hírnevét és csökkentené a jövőbeni turisták számát. Sajnos az elhagyott bányák és a helyiek felelőtlen magatartása miatt **ezek a sóforrások elszennyeződtek, ami rontja a turizmus jövőbeli lehetőségeit**. Ennek elkerülése érdekében elengedhetetlen egy jól működő hulladékgazdálkodási rendszer létrehozása és az illegális szemetelés megállítása. További veszélyt jelenthet a bányaterület el nem zárt területe, mivel a látogatók gyakran csak érdekből vagy rövidítés miatt bolyonganak itt a víznyelők között. Továbbá, a **földcsuszamlás és a süllyedés állandó veszélye elriasztja az új befektetőket és vállalkozásokat, mivel nem akarnak kockázatos övezetbe befektetni**. Emellett a szlatinai üdülőterület körül is vannak kisebb mértékű földmozgások. A helyi vállalkozások igyekeznek enyhíteni és reagálni ezekre a folyamatokra, azonban helyi források szerint a közelmúltban nem történtek nagyobb mozgások. Ami veszélyes lehet, az a Szlatina település két része közötti földalatti vízfolyás, és az ilyen láthatatlan vizek hatása egyelőre ismeretlen. Kevés szálláshelyet érintenek a földmozgások.

A könnyűszerkezetes épületek kevésbé veszélyeztetettek és áthelyezhetők, ami kedvező a további károk elkerülése szempontjából. Van 3-4 kisebb lakóépület, melyek a leginkább érintettek és ahol megoldást kell találni a veszélyek kezelésére.

A turisztikai ágazat növekedése nem valósítható meg a környezetszennyezés terjedésének megakadályozása nélkül. A helyi sókészlet a terület legfontosabb értéke, és jelenleg ez adja Szlatina márkáját. Habár, ha ez a geológiai erőforrás tovább szennyeződik, Szlatina nem lesz képes többé kihasználni ezt a különleges adottságot. Fontos kiemelni, hogy a só puszta létezése nem elegendő a fenntartható gazdasági és társadalmi fejlődéshez, szükség van jó minőségű szolgáltatásokra, szálláshelyekre, szabadidős tevékenységekre, orvosi ellátásra és megfelelő infrastruktúrára és felszerelésre, melyek biztosíthatják a minőségi turizmus alapjait. Mindezek mellett az egykori ipari örökség megőrzése is kívánatos, hiszen ezek a létesítmények bemutatják a település történetét. Annak érdekében, hogy Szlatina integrált turisztikai vonzerővé válását támogassa a piacon, a hromadának egységes márkát kell kiépítenie, mely megkönnyíti a partnerség kialakítását a helyi turisztikai ágazat szereplői között. Elkerülhetetlen például egy integrált úticél kezelés és egy koherens termék- és szolgáltatásfejlesztés kialakítása, mely elősegíti a minőségi turizmus kialakulását a térségben. Ezekkel az intézkedésekkel Szlatina nemzetközi szinten is képes lesz képviselni magát.

Következtetések

- A turizmus olyan jelentős ágazattá vált, mely az egész hromada státuszát alakítja.
- Megfigyelhető egy elmozdulás a rekreációs és gyógyturizmus irányába.
- Az év során még mindig erős a szezonalitás.
- A belföldi turizmus dominál, míg a külföldi turisták kevésbé vonzódnak Szlatinához.
- Vonzóbb környezetet kell teremteni a helyi turizmus élményét is rontó környezeti veszélyek kiküszöbölésével.

Javaslatok

- Támogassuk a helyi lakosságot az ágazatban való részvételben a minőségi fejlesztések ösztönzésével, hogy részt vehessenek a szálláshelyszolgáltatásban, valamint a helyi termékek ajándéktárgyak értékesítésében.

- Kezdeményezzük a kapcsolattartást európai szakértelemmel rendelkező fürdővárosokkal.
- Támogatnunk kell azokat a beruházásokat, melyek távolabb vannak a kockázati zónáktól és melyek ösztönzik a minőségi turizmusra való áttérést, valamint a komplex új egészségügyi szolgáltatások és orvosi kezelések bevezetését.
- A szennyezés forrásait és terjedését lokalizálnunk kell, hogy a szennyezés ne tegye lehetetlené vagy legalábbis kevésbé vonzóvá a turizmust.
- Az ágazat további fejlődése és a környezet minősége közötti egyensúly megtalálása érdekében növelni kell a turizmus fenntarthatóságát.
- Csak olyan új fejlesztéseket szabad engedélyezni, melyek szem előtt tartják a környezeti veszélyeket és kockázatokat (pl. víztestek szennyeződése vagy az épületek összeomlása).
- A kulturális sokszínűség további turisztikai termékek és szolgáltatások alapjául szolgálhat.
- Javítani lehetne az együttműködést a szélesebb régió más bányavárosaival, valamint a Tisza nemzetközi folyó mentén fekvő más célpontokkal.

3 A REVITAL1 projekt eredményei

3.1 A terepmunka és tapasztalások eredményei

A vizuális megfigyeléseket terepen a talajfelszín deformációjának távoli tanulmányozására (műholddal radarmonitorozás adatainak interferometrikus feldolgozása), valamint a veszélyes geológiai természeti és mesterséges folyamatok megnyilvánulásainak rögzítésére végezték a szlatinai kősó lelőhelyen és a szomszédos területeken, azaz a karsztfejlődésre vonatkozó adatgyűjtés és elemzés (víznyelők: geometriai méretek és előfordulási gyakoriság, talajsüllyedés stb.). Megvizsgált és dokumentált (fényképek, sematikus rajzok, koordináták):

- az árvízvédelmi gát intenzíven beépített, rekreációs létesítményekkel beépített lejtői;
- elhagyatott szénhidrogéntároló terület;
- a kősó kitermelésére szolgáló létesítmények befolyási övezetei- bányamezők és a felhagyott bányák szomszédos területei 8,9 és a 7-es bánya meghibásodása;
- Fekete Mocsár területe;
- Kis Fekete Mocsár területe;

- karszt-szuffúzios jelenségek a régi Hlod folyó mentén, északi vízgyűjtő galéria, Eldorádó-tó.

A vizuális helyszíni megfigyelések azt mutatták, hogy a talajfelszín degradációs folyamatai folytatódnak. Különösen az árvízvédelmi gát testét építik tovább aktívan a fás növényzet irtásával és a szennyvíz nyílt vízelvezetésének a vízelvezető árokba történő elrendezésével. (3. ábra A).

A Fekete Mocsár területén belül a tó közepén a „köpeny" további elnyelése zajlik (3. ábra B). A tó körül északnyugat-délkeleti irányban szintén fokozatos növekedés tapasztalható. A tó melletti tájháznál délnyugati irányban egy friss, „átmenő" (mindkét szemközti falon) rés keletkezett, mely délnyugati irányban tájolt. A Hlod folyó mentén a betontálca száraz, részben deformálódott és szederrel benőtt. Az úttal párhuzamosan új, legfeljebb 1m mély árkot ástak.

A Kis Fekete Mocsár körül számos aktív és fűvel borított, többnyire kerek vagy ellipszis alakú olykor az összeolvadásuk miatt megnyúlt alakú víznyelő alakult ki (3. ábra C,D). A víznyelők többnyire nem mélyek, a látható mélység legfeljebb 5m. Néhány víznyelő vízzel és fás növényzettel borított. A legzavarosabb rész a vasúti domb közelében található, ahol a 7. számú vízelvezető alagút felett (mely több víznyelő összeolvadása miatt megnyúlt) egy nagy aktív víznyelő található, meredek lejtőkkel, valamint néhány egyedi víznyelő. A hosszúkás víznyelőcsoport meggyengült zónája lépcsőzetes, mindkét oldalon 8, a domborzatban világosan kifejezett, 0,5-1,5m magas, akár 3m széles párkány található. Továbbá a lejtő mentén egy nyitott, keskeny, 0,5m mély beton vízelvezető tálca található. A Hlod folyómedrét víznyelők követik.

3 ábra A. Az árvízvédelmi gát testét továbbra is aktívan építik, a fás növényzet irtásával, a szennyvíz nyílt vízelvezetésének vízelvezető árokban történő elrendezésével (Fotó 2020-03-16)

3 ábra B. Egy újonnan kialakult karsztvíznyelő a Fekete Mocsár keleti oldalán lévő hulladéklerakó közelében (Fotó 2020-03-17)

3 ábra B. A Fekete Mocsár délkeleti peremének (Chornyi Mochar) előrehaladása dél felé a hulladéklerakóig (Fotó 2023-04-09)

3 ábra C. Karsztos víznyelővel bonyolított, vályú alakú süllyedési zóna a déli lejtő közelében, a vasúti part közelében (Fotó 2020-03-17)

3 ábra D. Karsztos víznyelők a 9. számú bánya keleti szárnyában. Általános nézet (Fotó 2020-03-17)

3 ábra E. Újonnan kialakult gödrök a 7. számú bánya déli peremén lévő víznyelő mentén (Fotó 2023-04-09)

3 ábra F. Új víznyelők a 7. számú bányatölcsér nyugati részénél (Fotó 2023-04-10)

3 ábra G. A „Panoráma” rekreációs központ (új épület) hátterében a 8. számú bánya bányatavak feletti víznyelőkkel (Oleg Naumenko fotója, https://hotel-panorama.com.ua/photos/)

Következtetések

- **Az elárasztott és nem működő (elhagyatott) bányák területén a süllyedési terület kiterjedése és a karsztkráterek és víznyelők körüli lejtők fokozatos ellaposodása figyelhető meg. Ugyanakkor a függőleges falú karsztos-felszín alatti víznyelők létezése az aktív karsztos-felszín alatti folyamatok folytatását jelzi.**
- **A nehéz gazdasági körülmények között (Oroszország katonai agressziója, különösen annak akut szakasza 2022-től és bizonyos mértékig a COVID-19), Szlatina lakossága lehetőséget és forrásokat talál a turisztikai infrastruktúra fejlesztésére irányuló projektek végrehajtására. Van egy bevonás a használatba az olyan területek építéséhez, ahol függőleges elmozdulásokat regisztrálnak. Balneológiai célokra a 7. számú bánya víznyelőiből sós vizet szivattyúznak ki.**

Javaslatok

- **A természeti erőforrások felhasználásának feltételeinek/rendszerének megteremtése az egészségturizmus (gyógyászati, rehabilitációs, rekreációs) számára olyan korlátok között, melyek nem jelentenek további életkockázatot és nem járnak negatív következményekkel és környezetre nézve (elsősorban a szennyezés terjedésével). Megfontolandó a sóoldatok balneológiai célú felhasználásának legalizálása.**

3.2 A talajdeformációs feltérképezés eredményei

3.2.1 A felszíni mozgások értékelése

Az EU ENVISAT műholdrendszerének 1992-2000 és 2002-2010 közötti archív adatait használták fel a felszínmozgások térbeli és időbeli változásainak nyomon követésére. A legnagyobb felszínmozgásokkal járó bányatörések az utóbbi időszakhoz köthetők.

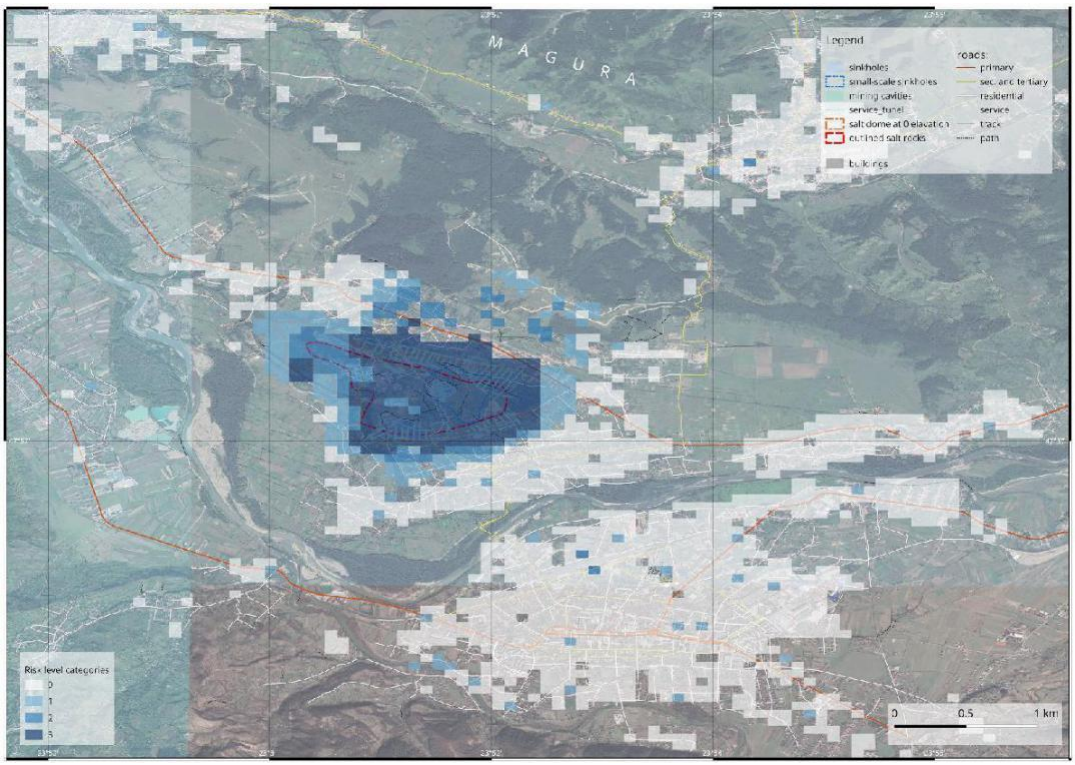
A felszíni mozgások a függőleges elmozdulások sebességvektorával írhatók le. Esetünkben a következő értékek használhatók a szerkezetek védelmét szolgáló elmozdulás (konkrétan a süllyedés) kockázatának jellemzésére mm/évben kifejezve

-2,5-+2,5 mm/év érték esetén a kockázat= 0 (nincs kockázat)

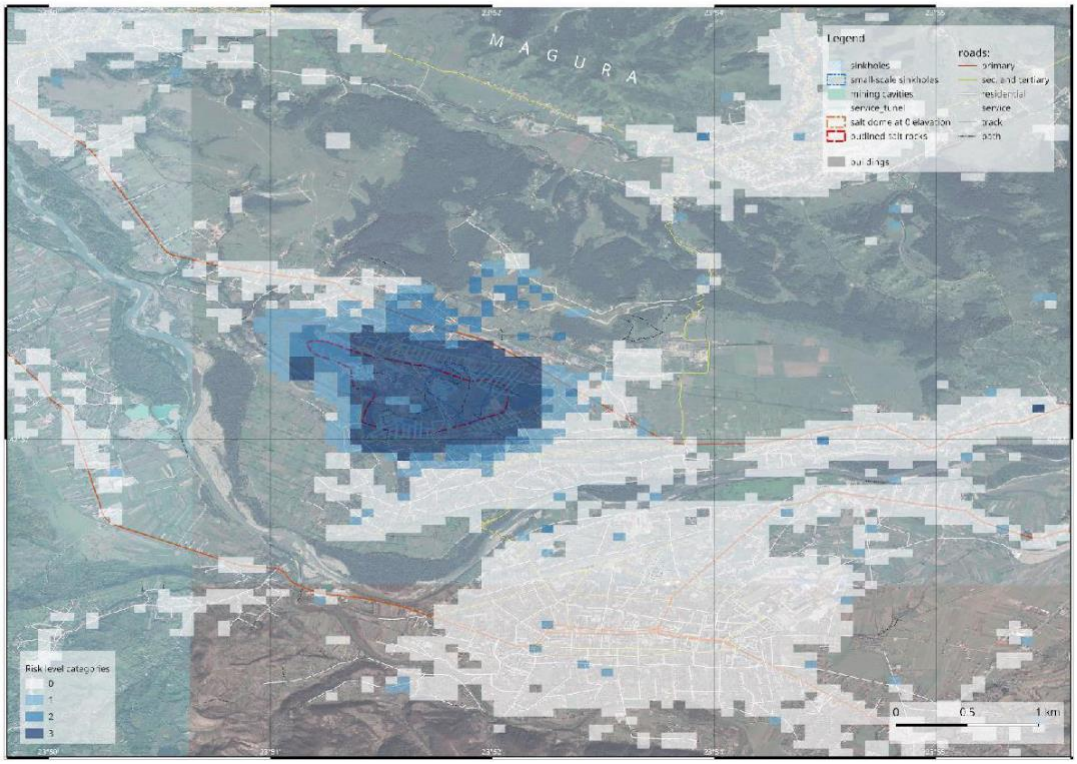
-5 - -2.5 mm/év érték esetén, a kockázat=1 (közepes kockázat)

-15 - -5 mm/év érték esetén, a kockázat = 2 (magas kockázat)

-25 - -15 mm/év érték esetén, a kockázat=3 (nagyon magas kockázat)



4 ábra AZ ERS adatok alapján 1992-2000 között mért földsüllyedés kockázati térképe (DatElite Ltd) Magyarázat: szürke=0 (nincs kockázat), világoskék=1 (közepes kockázat), közepes kék=2 (magas kockázat), sötétkék=3 (nagyon magas kockázat).

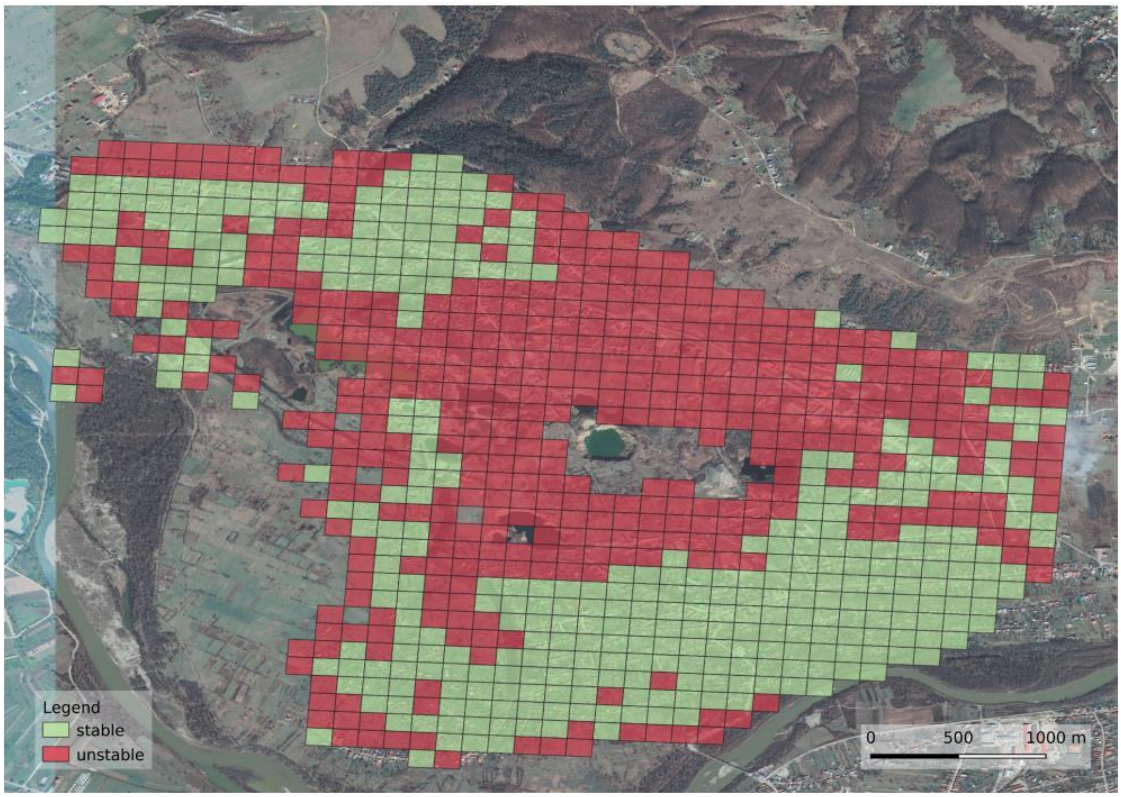


5 ábra AZ ENVISAT adatok alapján 2002-2010 között mért földsüllyedés kockázati térképe (DatElite Ltd) Magyarázat: szürke=0 (nincs kockázat), világoskék=1 (közepes kockázat), közepes kék=2 (magas kockázat), sötétkék=3 (nagyon magas kockázat).

A fenti két ábra (4., 5. ábra) **alapján nincs jelentős különbség a talajsüllyedésben az 1992-2000, a 2002-2010 és a 2014-2021 közötti időszakban.** Mindkét időszakban jól látható, **hogy a nagyon magas kockázatú terület a volt sóbánya, a sóstavak és az ezeket határoló több száz méteres sávok**, amennyiben beépített területeket érint. **Ez akár 25 mm/év süllyedést is jelenthet** (nyilvánvalóan a felszakadt krátereket környékén ez magasabb értékeket mutat). **A legveszélyeztetettebb közműszolgáltató a 9. akna környékén (a 10. akna közelében), a nagyon magas kockázatú terület ÉK-i részén található elektromos elosztóhálózati üzem.**

E. Szűcs et al. alapján (A felszíni deformáció alakulása a sókitermelés okozta víznyelőkkel kapcsolatban Szlatinán (Ukrajna) amit a Sentinel-1 radarinterferometria mutatott ki 2021-ben, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 977–993, 2021, https://doi.org/10.5194/nhess-21-977-2021) az **EU Copernicus SENTINEL-1 műholdjának 2014-19 közötti adatainak értékelése alapján a süllyedés mértéke elérte a 30 mm/év értéket**. Mivel a közelmúltbeli projekteredmény azonos értéket állapított meg (DATelite Ltd, 2021)

Ez azt jelenti, hogy a süllyedés intenzitása 2014 és 2019 között kissé nőtt, de nincs tudomásuk vagy mérés arról, hogyha ez változott volna.

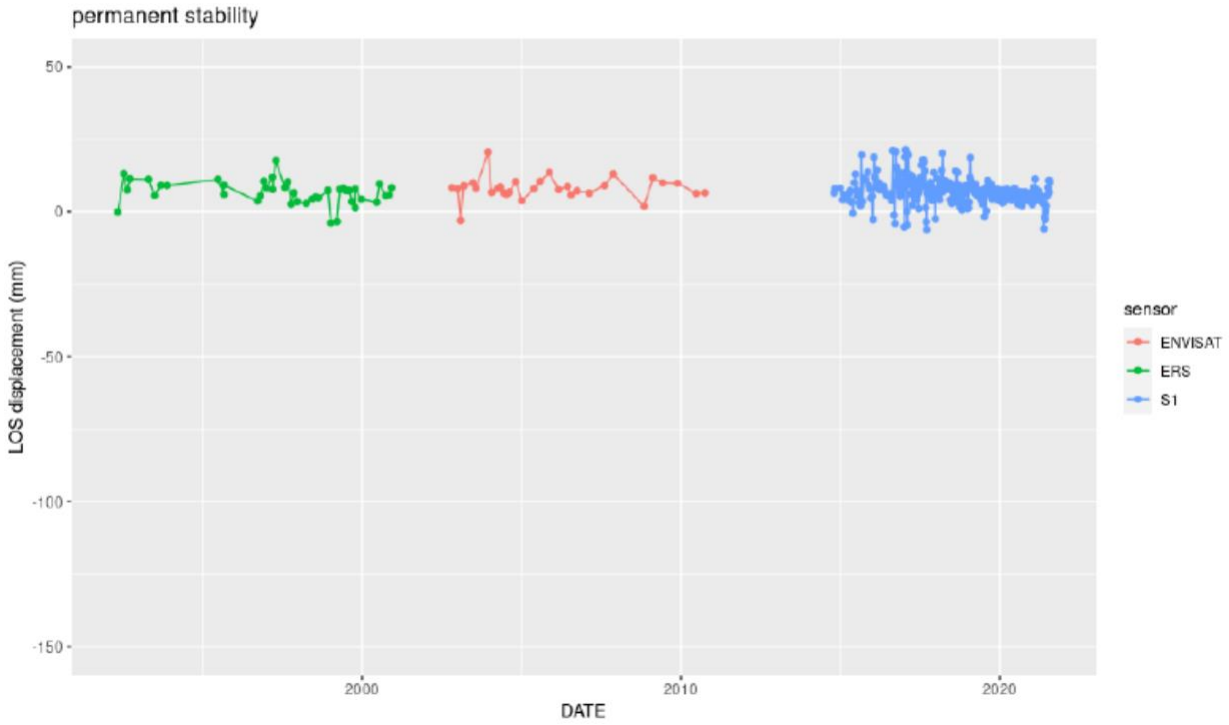


6 ábra. Az ENVISAT szórások stabilitási térképe 2014-2021 között (DatElite Ltd.) Jelmagyarázat: zöld=stabil, piros=instabil

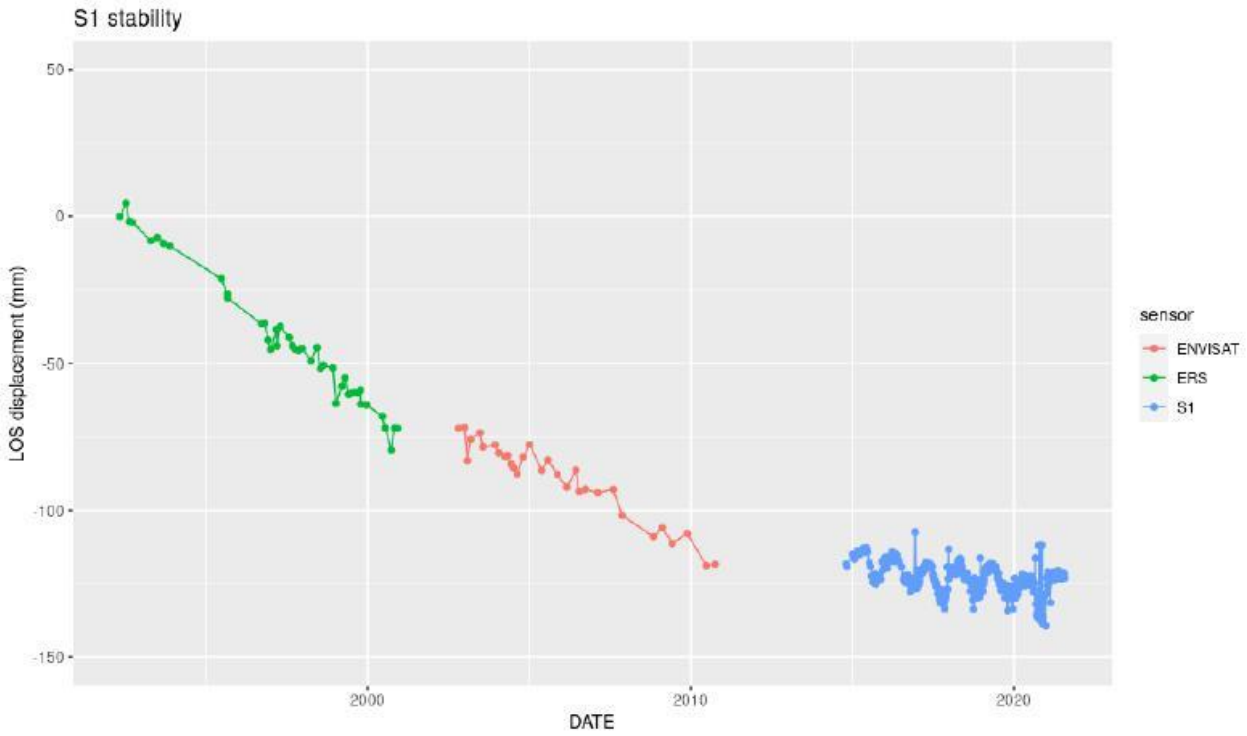
A vízkémiai vizsgálatok közvetett bizonyítékai szerint **a süllyedés folyamata aszimptotikusan halad az új egyensúlyi állapot felé, a magasabb süllyedési értékek a leginkább valószínűleg már nem várható.**

Az InSAR mérések feltárták a történelmi felszíni deformációk térbeli és időbeli elosztását az ukrajnai Szlatinán. Az interferometriai adatok elemzésével segített megérteni a szlatinai sókupola felszíni deformációinak természetét az 1990-es évektől a 2000-es évek végéig. A fent említett időszakot lefedő ERS és Envisat SAR képarchívumokat feldolgozták és megvizsgálták a terület interferometrikus deformációs történetét, az alábbi **eredményekre** jutva:

- A Szlatina központi részét és a Magura szomszédos déli lejtőit mindkét évtizedben gyorsan mozgó, elkülönülő felszínként észlelték, míg más felszínek tartósan stabilak maradtak.
- Az elmozdulási sebességek az idők során állandóak voltak, a mozgó felületek sebessége mindkét évtizedben meghaladta a -25- -5mm/év értéket, jelentős gyorsulások és lassulások nélkül, ami a süllyedés egyértelmű lineáris tendenciáját mutatja.
- Az elmozdulás sebessége a sókupola középpontjának elhagyásával párhuzamosan csökkent.
- Az elmozdulásoknak csak kisléptékű térbeli változásait figyelték meg: a falu déli szárnyának északi szélén a mozgások észak felé tolódtak el.
- A kockázati szinteket interferometriai és geológiai adatokból számították ki, melyek az mutatják, hogy a kupola és környéke magas kockázati szinteket mutat, míg a kockázati szint sókupola középpontjából mert távolsággal csökken.
- A mérések során nem találtak jelentős területi vagy időbeli változásokat a kockázati szintekben.
- A méréseket mm alatti átlagos pontossággal végezték.
- AZ interferometrikus szórók mesterséges struktúrák felett helyezkednek el, csupasz felületeken csak néhány szóró volt jelen.
- A sókupola központi területe és más növényzettel borított területek felett csak nagyon kevés szórót találtak; mesterséges szórók (sarokreflektorok) vagy egyedi reflektorok hálózatának létrehozása javíthatná az interferometrikus szórók térbeli lefedettségét.
- **Az eredmények rávilágítanak egy teljesen más helyzetre a romániai részen, mint amilyet Szlatinán észleltek. Máramarossziget egész területe stabil állapotot mutat, és a varosnak nincs olyan része, mely földrajzilag felismerhető felszínmozgási mintázatot mutatna. Elszórtan néhány stabil pont észlelhető. Ez azt jelenti, hogy a feltárt helyi instabilitás valószínűleg egy épület szerkezeti problémáival vagy lejtőviszonyokkal kapcsolatos.**



7 ábra. A tartós stabilitást mutató rácsok LOS elmozdulásai



8 ábra. S1 stabilitást mutató rácsok LOS elmozdulásai

SAR mérések tisztázták, hogy az ERS és az ENVISAT adatok interferometrikus elemzése szilárd alapot biztosít a Sentinel-1 képek sikeres feldolgozásához és elemzéséhez, ami elősegítheti a szlatinai sókupolához kapcsolódó természeti folyamatok mélyebb megértését. A Szlatinai régió virágzó jövőjének elképzeléséhez a folyamat további vizsgálata szükséges a veszélyes terület felett. **A sarokreflektorok és az InSAR-technológia segítségével korai előrejelző rendszert lehetne telepíteni a területre. Ez az InSAR alapú megfigyelőrendszer sokat javíthatna a polgári biztonsági feltételeken és egy web gis alkalmazáson keresztül bárki számára objektív, átlátható felszíni deformációs információkat nyújtana. Ez az alkalmazás telepíthető a helyi lakosok okostelefonjára és így közvetlen információkat kaphatnak lakónegyedükről.**

3.2.2. A talajdeformációs feltérképezés eredményei

A műholdfelvételek értelmezését a földfelszín deformációinak alapvető mintázatainak megállapítása érdekében végezték el, a veszélyes természetes és technogén geológiai folyamatok kialakulásával kapcsolatos kockázatok további értékelése érdekében a szlatinai sókupolaszerkezetben és a szomszédos területeken.

Az objektumok és a talajfelszín függőleges elmozdulásainak értékelését a Sentinel-1A és 1B műholdkonstellációk segítségével végzett műholdas radarmonitorozási adatok interferometrikus feldolgozásával végezték (DInSAR elemzési adatok 2016-2021-re, SBAS megközelítés, Copernicus EMSN-030, EMSN-064; PS+SBAS megközelítés, Speciális Információk Fogadása és Feldolgozás Központja, Földnavigációs Kontrol, Ukrajna). A műholdas radarmonitorozás szerint a Sentinel-1A és 1B műholdkonstellációk, köztük a PS és SBAS adatfeldolgozási technikák segítségével. 2016-2021-es tanulmányok, melyeket a Speciális Információk Fogadása és Feldolgozás Központja, Földnavigációs Kontrol, Ukrajna végzett.

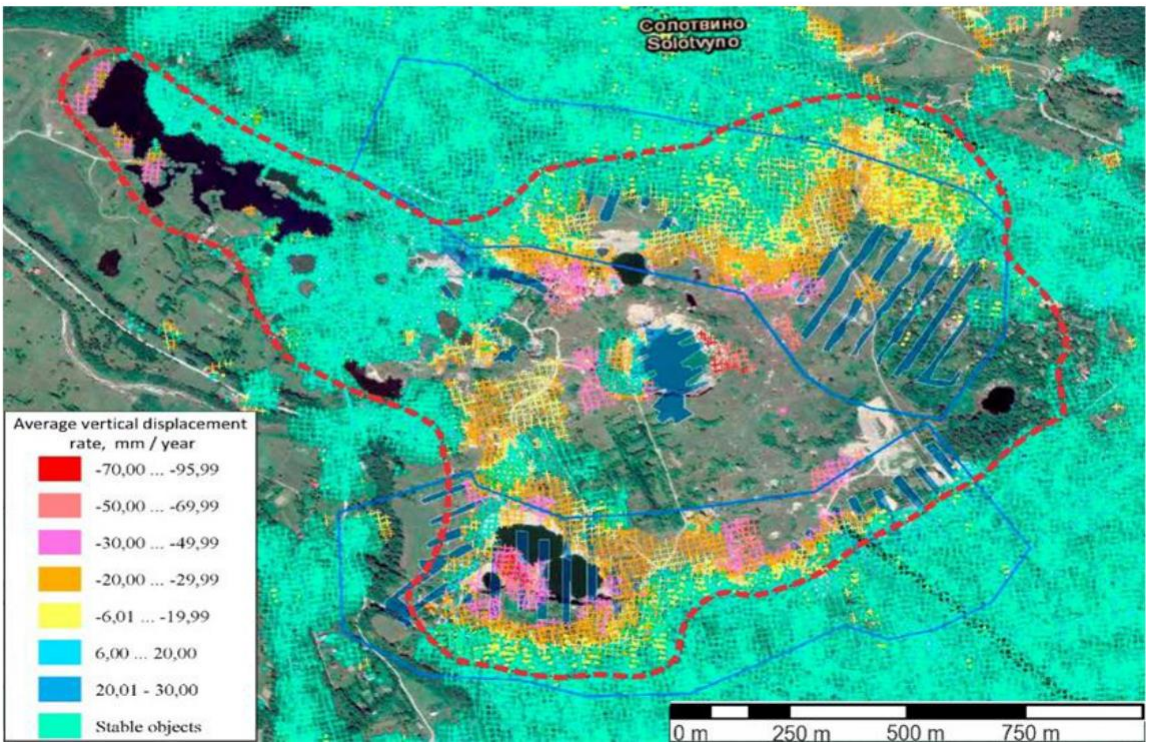
A szintetikus apertúrájú radarral (SAR) nyert képek hosszú idősorozatának felhasználása miatt az orbitális adatok hibáit és a légköri jelenségek hatását hatékonyan elnyomták. A feldolgozás eredményei olyan digitális térképek, melyek a PS technikával 2-4 mm/év, SBAS technikával pedig 6-15 mm/év átlagos függőleges elmozdulási sebességű objektumok becslési pontosságával készültek. Olyan végleges információs termékek (raszteres és vektoros) készültek, melyek lehetővé tették a térbeli és időbeli változások elemzését. A távérzékelési radaradatok előkészítését és előfeldolgozási műveleteket az ENVI szoftverben, a SarScape modulokban végeztük, az interferometria eredményein

alapuló tematikus feldolgozási műveletek pedig (AcGis szoftverben) végeztük el.

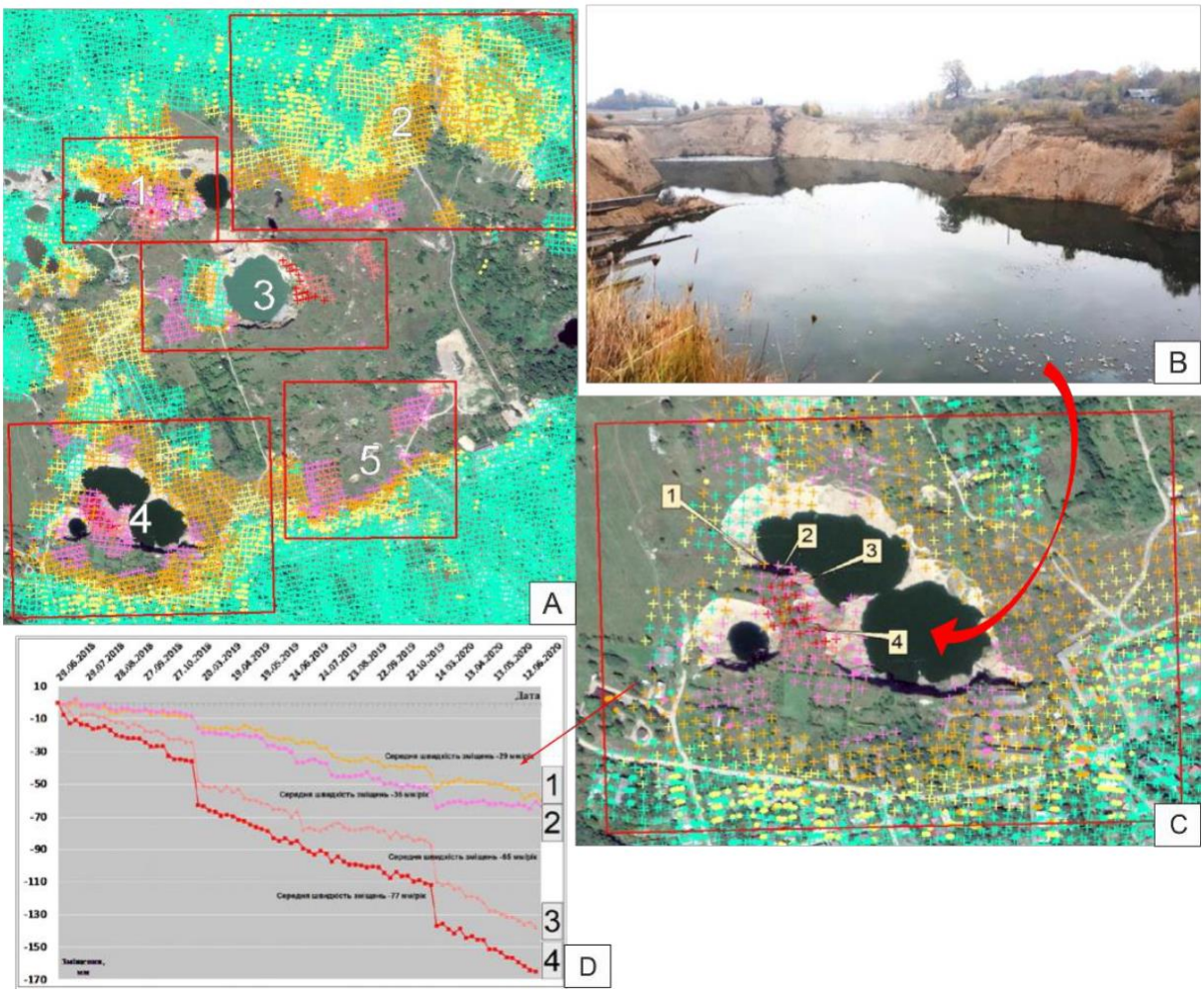
A talajdeformáció műholdas feltérképezése és nyomon követése (2018-2020)

A talajfelszín függőleges elmozdulásainak értékelését műholdas radarmonitorozás interferometrikus feldolgozásával végezték el a 2018. június 25. és 2020. június 30. közötti időszakra vonatkozóan.

Az antropogén és természetes karsztfejlődés zónájában határozták meg a koncentrált földfelszíni deformációk értékei és területeit, melyet a veszélyes geológiai folyamatok (földcsuszamlás, áradások, árvizek stb. megnyilvánulásai akadályoznak). A vizsgált területen a retrospektív feldolgozás eredményei alapján a radarmérések pontjaiban a koncentrált deformációk zónáit és a süllyedés dinamikáját határozták meg (9. ábra). A -6 és -94 mm/év közötti átlagos függőleges elmozdulások sebességével rendelkező földfelszín süllyedési területeket GIS-eszközökkel digitalizálták. Szlatina sókupolaszerkezetének és a szomszédos területek antropogén veszélyeinek értékelése megtörtént. Ennek eredményeként 5 intenzív süllyedéssel érintett területet azonosítottak. A talajfelszín legnagyobb mértékű süllyedése a 3. és 4. számú övezetben figyelhető meg (10. ábra). A 4. számú süllyedési zónában a legnagyobb átlagos süllyedés mértéke -81 mm/év. Megállapították, hogy a 7., 8. és 9. számú bányák veszélyeztetik az életbiztonságot Szlatinán.



9 ábra – Intenzív süllyedés területe- piros vonallal körül határolva (a talajfelszín deformációjával érintett terület, ahol a süllyedés átlagos mértéke -6 és -94 mm/év között van, PS és SBAS megközelítések)



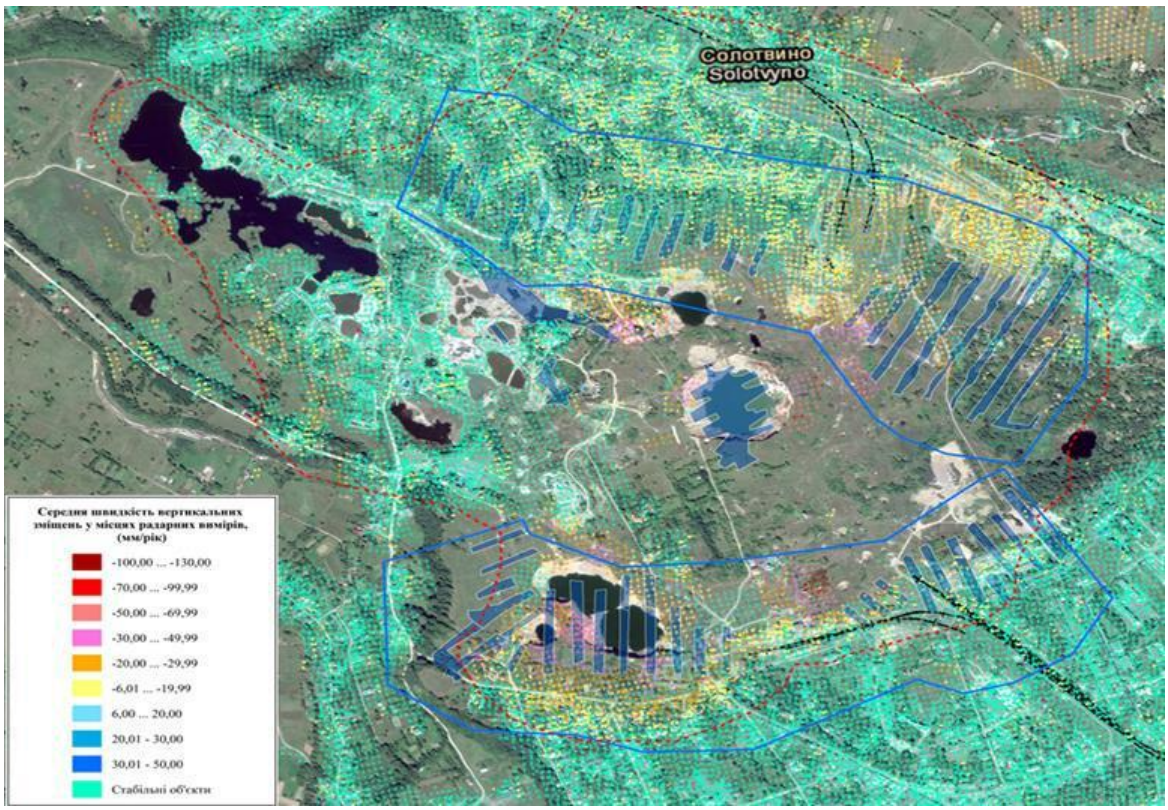
11 **ábra**. A- koncentrált deformációk megállapított zónái; B-a 8. számú bánya nyugati oldala; C- a 4. számú süllyedési zóna (a 8. számú bánya nyugati része) geodinamikai elemzése; D- a függőleges elmozdulások grafikonja a. számú zónában, a maximális átlagos süllyedés mértéke – 81 mm/év

A talajdeformáció műholdas feltérképezése és nyomon követése (2020-2021)

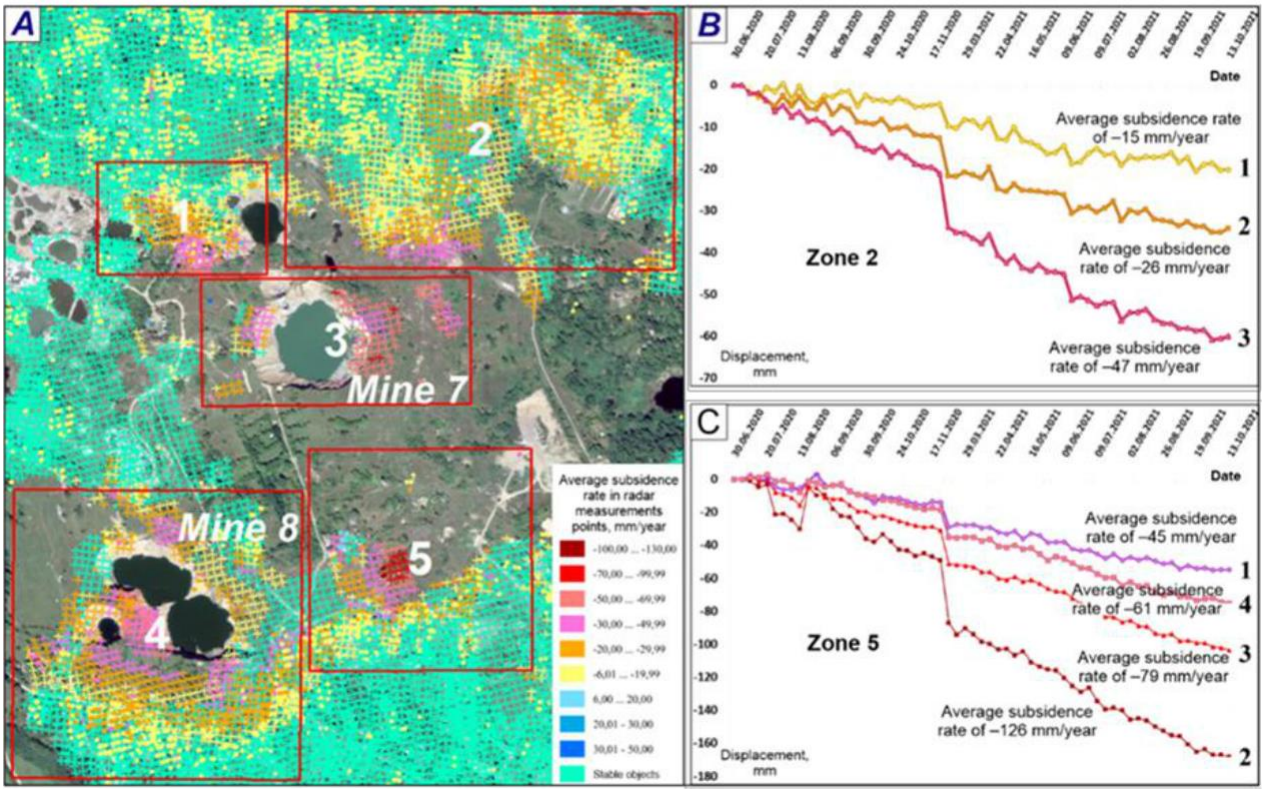
A legfrissebb műholdas radaros megfigyelési adatok alapján (a 2020/06/30-10/12/2021 közötti időszakra vonatkozóan) elvégezték s talajfelszín, az épületek és a létesítmények függőleges deformációinak értékelését Szlatina területén (11. ábra). (*Pakshin, M., Shekhunova, S., Stadnichenko, S., Liaska, I., 2021, Műholdas radarmonitorozás az antropogén és természetes geológiai veszélyek feltérképezésére a Szlatina bánya területén (Kárpátalja, Ukrajna) Európai Földtudományi Unió« vEGU21». EGU21-8417.*

https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8417)

Ennek eredményeként 5 intenzív süllyedési területet azonosítottak (-6 és -126 mm/év közötti átlagos süllyedési sebeséggel) (11. ábra). Megállapították, hogy a 7., 8. és 9. számú bánya melletti süllyedési zónák jelentős területűek, és mindegyiknek jelentős süllyedési formája van, melyben a legnagyobb süllyedés a középpontban határozható meg és a középponttól távolodva a talajfelszín süllyedésének intenzitása fokozatosan csökken. **A 7. számú bánya területét és a 8. számú bánya nyugati és keleti részét nem biztonságosnak minősítették.**



11 ábra A. A szlatinai terület áttekintő sémája radarmérési pontokkal és a talajfelszín függőleges elmozdulásainak meghatározása a 06/30/2020-10/12/2021-es időszakra. Az intenzív süllyedési zónát piros szaggatott vonal jelzi.

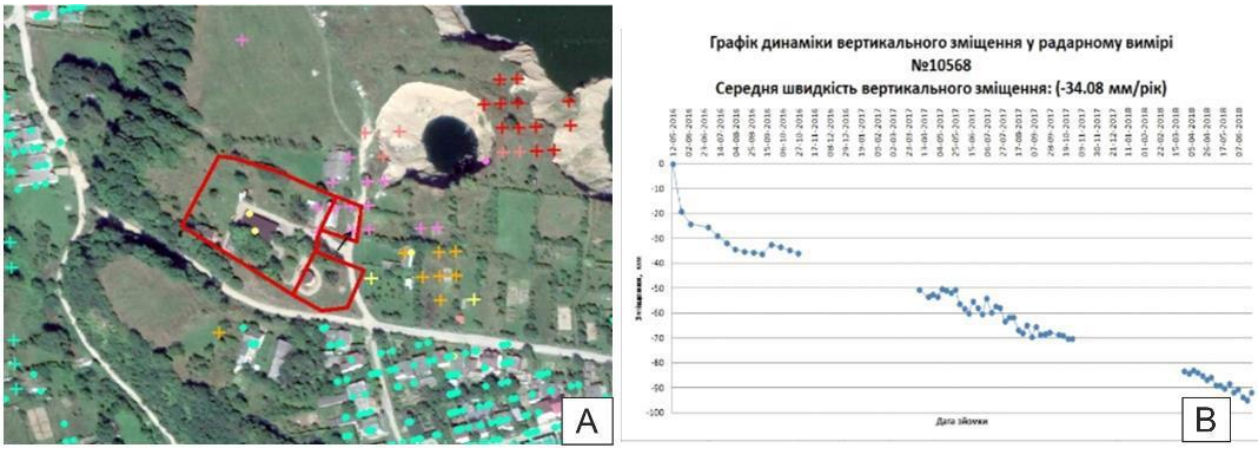


11 ábra B. A talajfelszín függőleges elmozdulásainak értékelése a műholdas radarmonitoring adatok interferometrikus feldolgozásával (PS és SBAS) a 06/2020 és 06/2021 közötti időszakra vonatkozóan: A- a koncentrált deformációk zónái; B- a függőleges elmozdulások grafikonja a 2. számú koncentrált deformációk zónájában, a maximális átlagos süllyedési sebessége -47 mm/év; C- a függőleges elmozdulások grafikonja az 5. számú koncentrált deformációk zónájában, a maximális átlagos süllyedési sebesség -126 mm/év (a különböző színű elmozdulási sebességű megfigyelési pontokat jelölnek; a sebesség zöld, sárga, narancs, lila, rózsaszín, piros sorrendben nő. Az arányok megfelelnek a 9. ábra A színének

A talajdeformáció műholdas feltérképezése és nyomon követése az ellenőrző objektumok (kritikus infrastruktúra- objektumok tekintetében)

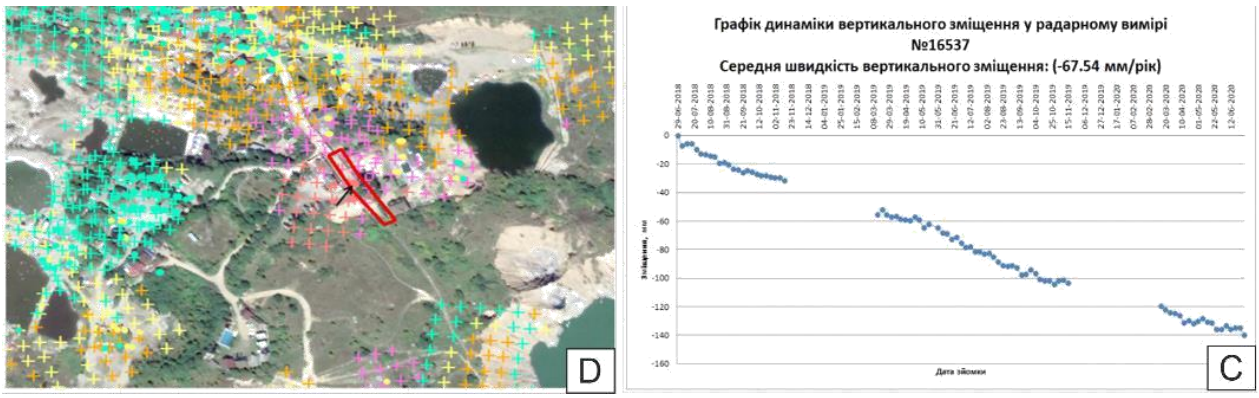
Szlatina településre és szomszédos területekre vonatkozó műholdas interferometriai adatok elemzését végezték el, hogy meghatározzák a földfelszín függőleges elmozdulásait az 1997-2021 közötti időszakra a hosszútávú földalatti bányászati tevékenységek miatt. A részletes vizsgálat területei- ellenőrző objektumok helyszínei (kritikus infrastrukturális létesítmények) a következő voltak: 1- villamosenergia-átviteli torony; 2- elektromos alállomás; 3- balneológiai üdülőhelyi létesítmény; 4- vízellátó szivattyútelep; 5- ötemeletes épület; 6- földalatti vízellátó létesítmény. Minden egyes ellenőrző objektum helyszínén a felhalmozott deformációk és a talajfelszín

elmozdulásának mértékét grafikonok segítségével ábrázolták. (12. ábra). Minden egyes szakaszra két grafikon készült a függőleges elmozdulásokról a 2016/04/30-2018/6/25 és a 2018/6/25-2020/6/30 közötti időszakra vonatkozóan. (*Shekhunova et al., 2021, A bányászat utáni terület műholdas radaros megfigyelése (Szlatina, Ukrajna). AZ EAGE „A geológiai folyamatok és a környezet ökológiai állapotának megfigyelése" című XV. nemzetközi tudományos konferencia anyagai, 17–19 November 2021, Kijev, Ukrajna. Mon-21-075,* https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2075).



12 ábra. A – Ellenőrző objektum Vízellátó szivattyútelep; B-a felhalmozott földfelszíni deformációk grafikonja az ellenőrző objektumra Vízellátó szivattyútelep (2016-2018) átlagos függőleges elmozdulási sebességgel -34,08 mm/év

A műholdradar adatok interferometriai feldolgozása alapján becsültük meg a talajfelszín függőleges elmozdulásainak gyakoriságát és mértékét (2. táblázat). Megállapítottuk, hogy a felszín deformációjának legnagyobb értékeit -94,93 mm és -139,98 mm között, -34,08mm és -67,54 mm/év közötti függőleges elmozdulási sebesség mellett a vészhelyzeti bányák övezetében található objektumok/helyek (kritikus infrastrukturális létesítmények) esetében kaptuk, melyeket a karsztos felszínkibúvásos folyamatok legintenzívebb fejlődése jellemez, melyek a tűrések, földcsuszamlások és süllyedések kialakulásával járnak együtt.



12 ábra. C – Ellenőrző objektum- balneológiai üdülőhelyi létesítmény; D-a felhalmozott talajfelszíni deformációk grafikonja az ellenőrző objektumhoz. Balneológiai üdülőhelyi létesítmény átlagos függőleges elmozdulási rátával -67,54 mm/év

2 táblázat. Műholdas radaros megfigyelési adatok értelmezési eredményei a talajfelszín deformációjáról az ellenőrző objektumok esetében

(*Shekhunova et al., 2021*, https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2075)

№ of control object	Control object / Critical infrastructure	Technique (number of measured points per control object)	Vertical displacement, mm	Average displacement rate, mm/year	Time period	Zone	Probability, %
1	Power transmission tower	PS (1); SBAS (5)	-15.44	-3.81	2016-2018	7	20
		PS (2); SBAS (10)	-17.46	-2.79	2018-2020		
2	Electrical substation	PS (35); SBAS (4)	-25.46	-7.98	2016-2018	1	100
		PS (59); SBAS (45)	-27.52	-11.93	2018-2020		
3	Balneological resort facility	PS (1); SBAS (4)	-139.98	-67.54	2018-2020	1	100
4	Water supply pumping station	PS (2) SBAS (5)	-24.25 ... -94.93	-11.72 ... -34.08	2016-2018 2016-2018	1	100
		PS (8) SBAS (17)	-77.85 -43.56 ...	-22.29 -31.66 -20.18 ...	2018-2020 2018-2020	1	100
5	Five-storey building	PS (5); SBAS (2) PS (4); SBAS (10)	-13.21; -12.78 ...	-1.70 -0.27 ...	2016-2018 2018-2020	1(?) 2	50
6	Underground water supply facility	PS (2); SBAS (9) PS (2); SBAS (28)	-60.32 ... -69.38	-24.75 ... -31.59	2016-2018 2018-2020	15	50-75

így a műholdas radarmonitorozás alapján (a 2016.04.30-2020.06.30. közötti időszakra vonatkozóan) az ellenőrző objektumok (kritikus infrastrukturális létesítmények)

felhalmozott talajfelszíni deformációinak grafikonjainak elemzésének eredményeként elvégezték ezen objektumok geodinamikai süllyedési állapotának értékelését a függőleges elmozdulások mértékével, új adatokat kaptak a veszélyes természeti és ember okozta folyamatok megnyilvánulásának paramétereiről Szlatinán, értékelték a kritikus infrastrukturális létesítményekre gyakorolt hatásukat.

A talajfelszín függőleges deformációinak gyakoriságára és mértékére vonatkozó adatok összefoglalása és elemzése a 2016-2021 közötti időszakra vonatkozó műholdas radarmonitorozás alapján

A retrospektív feldolgozás eredményei alapján a vizsgált területen a radarmérések pontjain a koncentrált deformációk zónáit és a süllyedés dinamikáját határozták meg (13. ábra). A műholdas radarmonitorozás adatainak interferometrikus feldolgozásával kapott objektumok és területek függőleges elmozdulásainak értékelése alapján megállapították, hogy a 7.,8. és 9. számú bányák veszélyt jelentenek Szlatina település technogén biztonságára.

A szlatinai sóbánya területének és környékének részletes helyszínrajza a sóbányászati műveletek és a veszélyes exogén geológiai folyamatok megnyilvánulásai által okozott technogén hatások zónájában vagy annak közelében található kritikus infrastrukturális objektumokkal és egyéb létesítményekkel (beleértve az óvodai és iskolai oktatási intézményeket) a 14. ábrán látható.

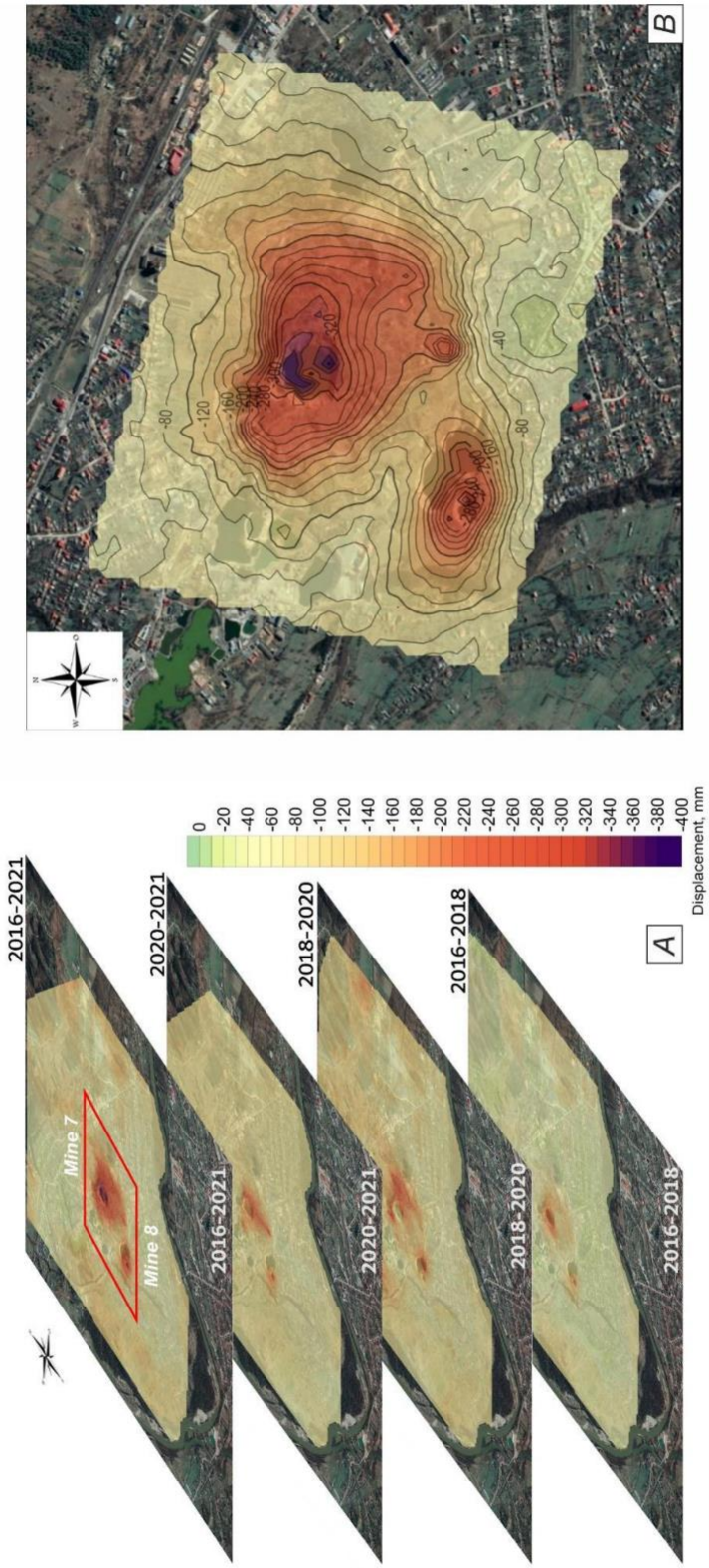
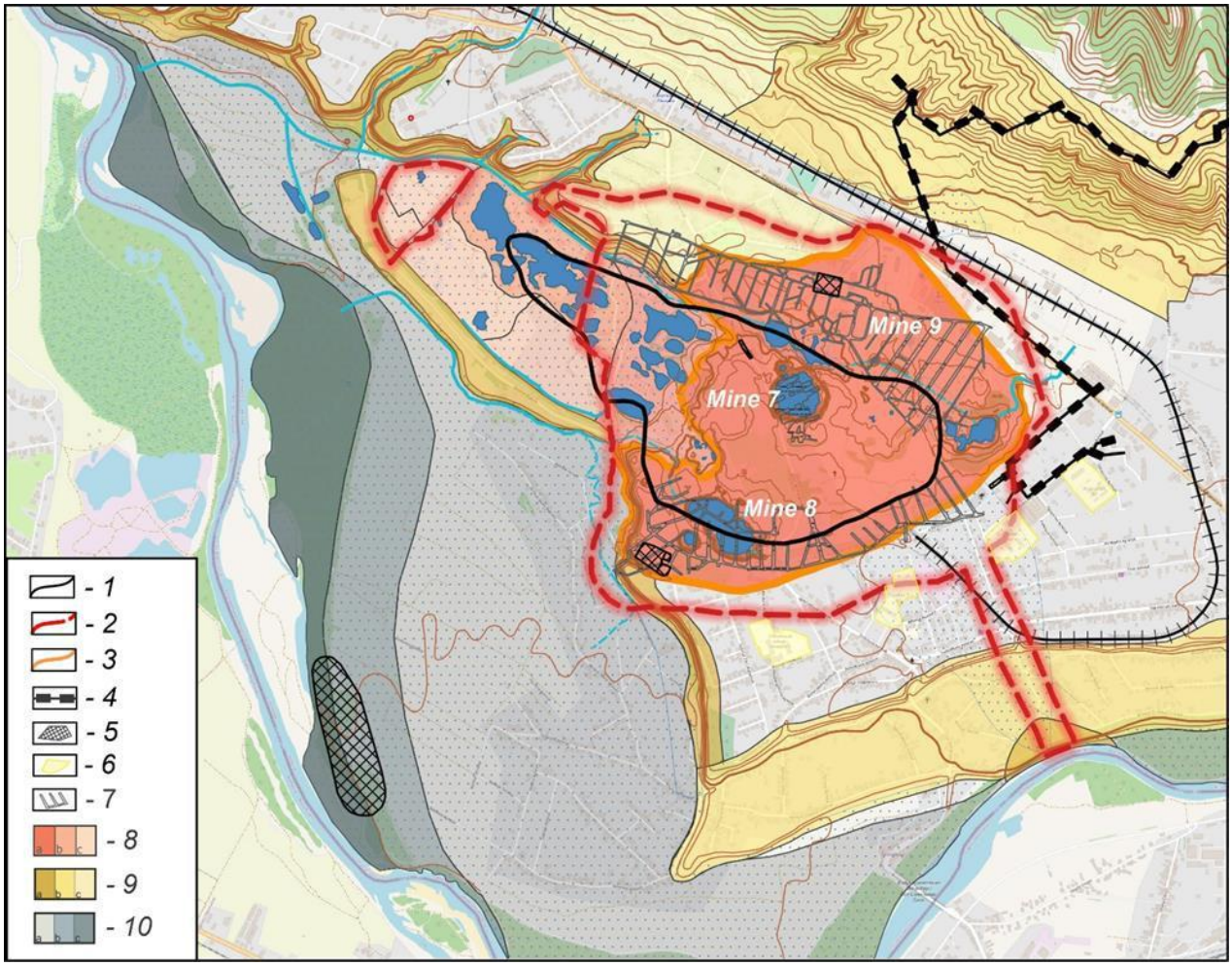


Figure 13. Dynamics of changes in the maximum vertical ground surface displacements

13 ábra. A talajfelszín maximális függőleges elmozdulásaiban bekövetkező változások dinamikája

A rendelkezésre bocsátott tanulmányok eredményei alapján (a veszélyes természetes és technogén geológiai folyamatok fejlődésének terepi megfigyelései, távérzékeléses műholdas radarmonitorozás adatainak elemzése) aktualizálták a sóbányászati műveletek technogén hatásainak övezetét és a veszélyes exogén geológiai folyamatok megnyilvánulásait Szlatina településen (14. ábra).



14ábra. A szlatinai sóbánya területének és környékének helyzetrajza a sóbányászati műveletek technogén hatásainak zónájával és a veszélyes exogén geológiai folyamatok megnyilvánulásaival: 1- a sókupola szerkezetének körvonala az alluviális üledékek felszínén; 2- a sóbányák technogén hatásának és a veszélyes exogén geológiai folyamatok kialakulásának zónája; 3- a sóbányák aktív technogén hatásának és a veszélyes exogén geológiai folyamatok kialakulásának zónája; 4- gázvezeték; 5- kritikus infrastrukturális objektumok (elektromos alállomás, vízellátó szivattyútelep, szennyvíztisztító létesítmények, hulladéklerakó); 6- óvodai és iskolai oktatási intézmények; 7- bányák körvonalai. Természeti és természeti-antropogén veszélyek kockázata (8-10): 8-karsztfolyamatok: katasztrofális (a), magas (b), közepes (c), alacsony (d); 9- lejtőerózió: magas (a), közepes (b), alacsony (c); 10- szezonális és hirtelen áradások alacsony (a), közepes (b), magas (a).

Következtetések

- **A talajfelszín függőleges elmozdulásainak eloszlási mintázatai, melyek nem csak a bányászati műveletek kontúrjában, hanem azokon túl is rögzítve vannak, feltárultak; a kritikus infrastrukturális létesítmények területén felhalmozódott talajfelszíni deformációkat értékeltek.**
- **A felszíni deformáció legmagasabb értékeit -94,93 és -139,98 mm között -34,08 és 67,54 mm/év közötti függőleges elmozdulási sebesség mellett a 2016-2020 közötti időszakra vonatkozóan a vészhelyzeti bányák övezetében található objektumok/helyek (kritikus infrastrukturális létesítmények) esetében kaptuk, melyeket karsztos felszíni folyamatok legintenzívebb fejlődése jellemez.**
- **A földfelszín függőleges elmozdulásainak értékelése alapján, melyet a 2016-2021 közötti időszakra vonatkozóan műholdas radaros megfigyelési adatok interferometrikus feldolgozásával nyertek, a földfelszín felhalmozott deformációinak értékei elérik a 385,12 mm-t, megállapítást nyert, hogy a 7., 8. és 9. számú bányák veszélyt jelentenek a szlatinai település technogén biztonságára.**
- **Tekintettel a bonyolult geoökológiai helyzetre, a szlatinai sókupola szerkezetére és a szomszédos területekre vonatkozó állandó megfigyelőrendszer fejlesztése és működtetése kiemelt cél.**

Javaslatok

- **Az objektumok és a talajfelszín függőleges elmozdulásainak értékelése műholdas radarok megfigyelési adatainak interferometrikus feldolgozásával egy megfigyelőrendszerben.**
- **A távoli adatok ellenőrzéséhet helyszíni megfigyelések és geodéziai tanulmányok felhasználása.**

3.3 Geofizikai és geológiai felmérés

3.3.1 Geofizikai felmérés

A geofizikai felmérési kampányt azzal a céllel végezték, hogy bővítsék a szlatinai sóbánya területének geológiai térképezését, és hogy a régió felszínközeli geofizikai adatait több,

a folyó déli oldalán végzett méréssel egészítsék ki.

Többféle módszert alkalmaztak: több elektródás geoelektromos tomográfia (ERT), nagyon alacsony frekvenciájú rádiómegnetotellurika (VLF-RMT), vízszintek hurok elektromágnesesség (HLEM), gravimetriai és szeizmikus mérések. Az alkalmazott geofizikai módszerek közül a legrészletesebb és legzavarmantesebb eredményeket az elektromos és elektromágneses mérésekkel kaptuk. A sóbánya területének geológiájának és szerkezetének értelmezése ezen adatok alapján történt, melyek egyben a 3D geológiai és hidrodinamikai modellek bemeneti paraméterei is voltak

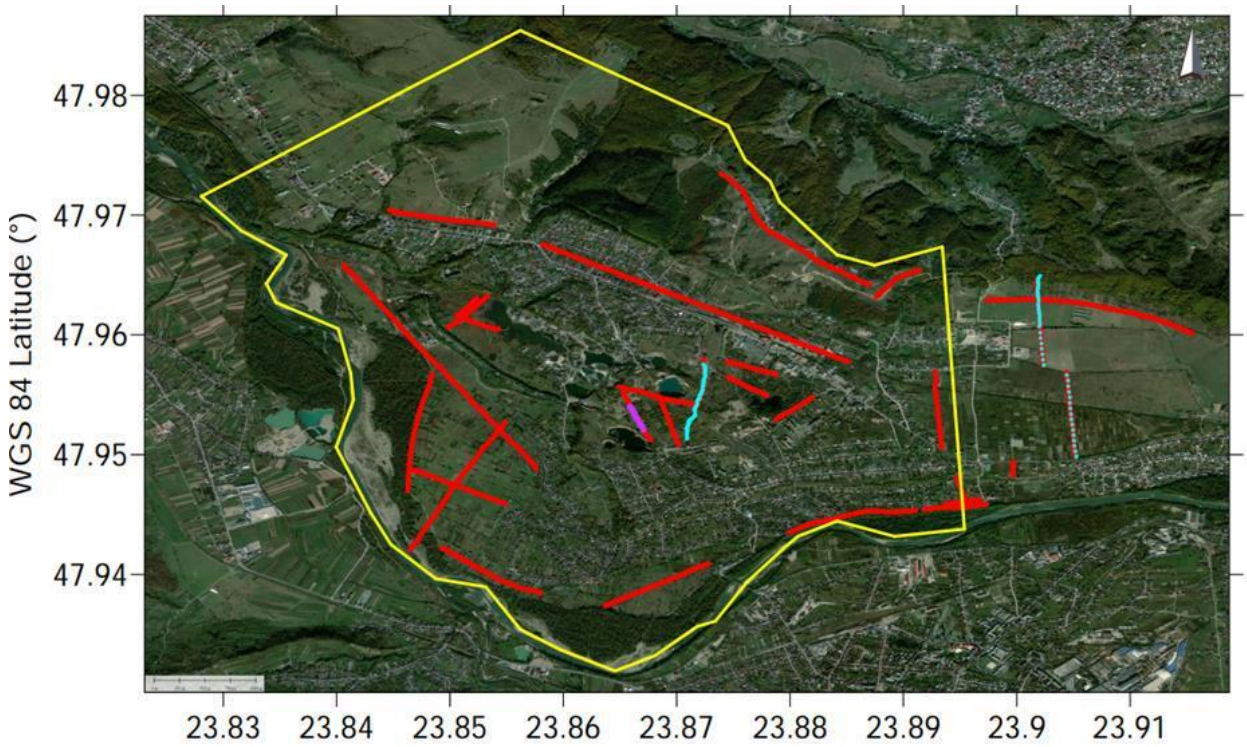
A két módszert széles körben alkalmazzák a geológiai struktúrák elektromos tulajdonságaik alapján történő kimutatásra. az elemzett altalajban lévő különböző kőzetek elektromos ellenállásának mérésével. így elkülöníthetők a különböző elektromos ellenállású rétegek (pl. agyagos, törvényszerű ellenállású és nagy ellenállású homokos bádogok). A nyers adatok feldolgozása után létrehozható a szelvények mentén a fajlagos elektromos ellenállás eloszlása, mely a fizikai paraméterek valós eloszlásaként jellemzi a földalatti teret.

A különböző kőzettípusok közötti ellenállás kontraszt miatt az ERT módszer praktikus eszköz a felszín alatti inhomogenitások feltérképezésére, ugyanakkor az adatok értelmezésekor figyelembe kell venni a különböző anyagok jellemző ellenállásértékeinek átfedését. A különböző kőzetek fajlagos elektromos ellenállása több paramétertől függően viszonylag széles tartományba változik. E paraméterek közül a legfontosabbak közé tartozik a víztelítettség, a tömörség, a töredezettség és az ásványi összetétel (3. táblázat)

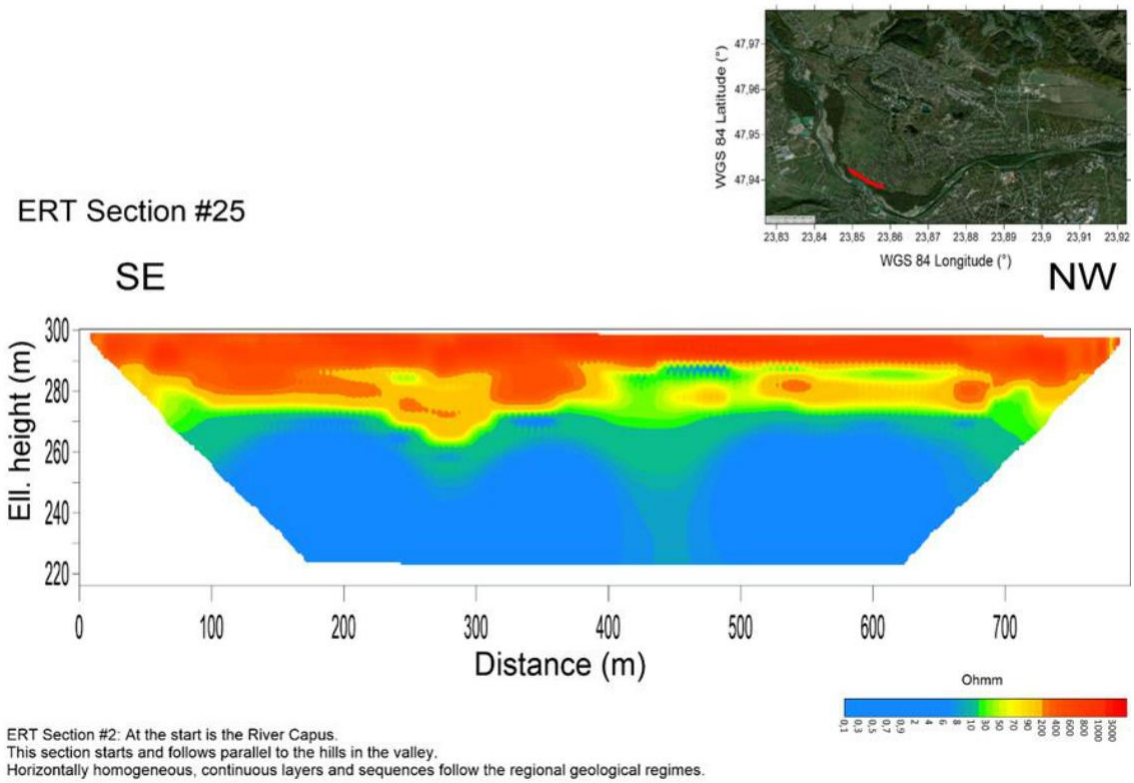
Common Materials	Cited Resistivity Values (Ωm)				
	Loke (2002)	Gibson and George (2003)	SEGJ (2004)	Ewusi (2006)	AGI (2008)
Clay	1 – 100	1 – 100	1 – 300	1 – 100	10 – 100
Sand	10 – 800	50 – 1050	1 – 1100	30 – 1050	600 – 1×10^4
Lateritic Soil	----	----	----	120 – 750	----
Gravel	600 – 10^4	100 – 1400	20 – 7000	100 – 1400	600 – 1×10^4
Mudstone	----	----	----	20 – 120	----
Siltstone	----	----	----	20 – 150	----
Limestone	80 – 6000	50 – 10^6	----	----	100 – 1×10^6
Shale	20 – 2000	----	3 – 200	20 – 2×10^3	----
Sandstone	10 – 5000	1 – 7.4×10^8	10 – 700	200 – 5000	100 – 1×10^3
Granite	5000 – 10^6	100 – 10^6	300 – 40000	3×10^2 – 10^6	----

3 táblázat. Egyes kőzetek ellenállás-tartományai (Loke 2002; Gibson és George 2003; Japán Felfedező Geofizikus Társasága SEGJ 2004; Bejegyzett Alkalmazott Földtudományok (AGI) 2008)

Az adatgyűjtés során 34 ERT-profilt mértünk, összesen 24 787,5 m hosszban és 2 VLF-RMT-profilt, összesen 2 km hosszban (15. ábra). A mérések segítségével meghatározható volt a legrégebbi üledékkomplexum topográfiája, a folyóvízi üledék térbeli kiterjedése és vastagsága, valalmint a palló „hidraulikus ablakai”, továbbá a bánya felett mért szelvényeken vízzel nem feltöltött bányakamrék is kimutathatók voltak. A kutatási mélység 100 m volt.



15 ábra. A területáttekintő térkép a felmérési vonalakkal. A sárga sokszög jelöli a vizsgált területet. A piros, kék és ciánkék vonalak az ERT, HLEM és VLF-RMT méréseket jelölik.



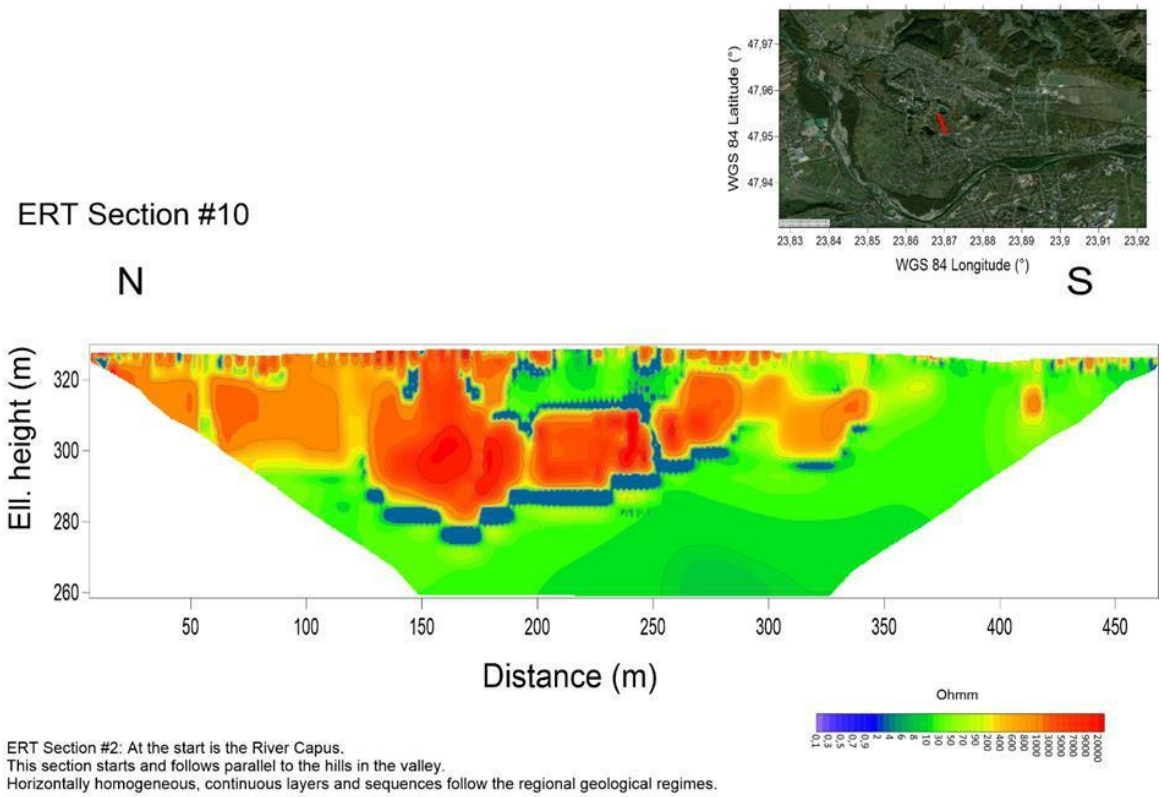
16 ábra. A fajlagos eletromos ellenállás eloszlása az ERT-25 profil mentén, mely az árterületen található.

A mért geofizikai profilok geológiai értelmezését a 3.3.2 fejezetben részletezzük.

A Tisza árterében mért geoelektromos profilok mentén általában három fajlagos ellenállás tartomány jelenik meg (16. ábra): a felső 20 méteren egy nagyon magas (500-700 Ohm), 40 méter mélységig egy kissé alacsonyabb (30-100 Ohm), majd közek 100 méteres mélységben nagyon alacsony fajlagos ellenállás értékek jelennek meg. A helyi geológiai viszonyok hozzávetőleges ismeretében ez úgy értelmezhető, hogy a szelvény felső harmadában nagy ellenállással jellemezhető durva szemcsés folyami üledékek találhatók (kavics, homokba érő kavics), míg alatta alacsony ellenállással jellemezhető agyagos üledékek találhatók, valószínűleg a régebbi üledékkomplexumok.

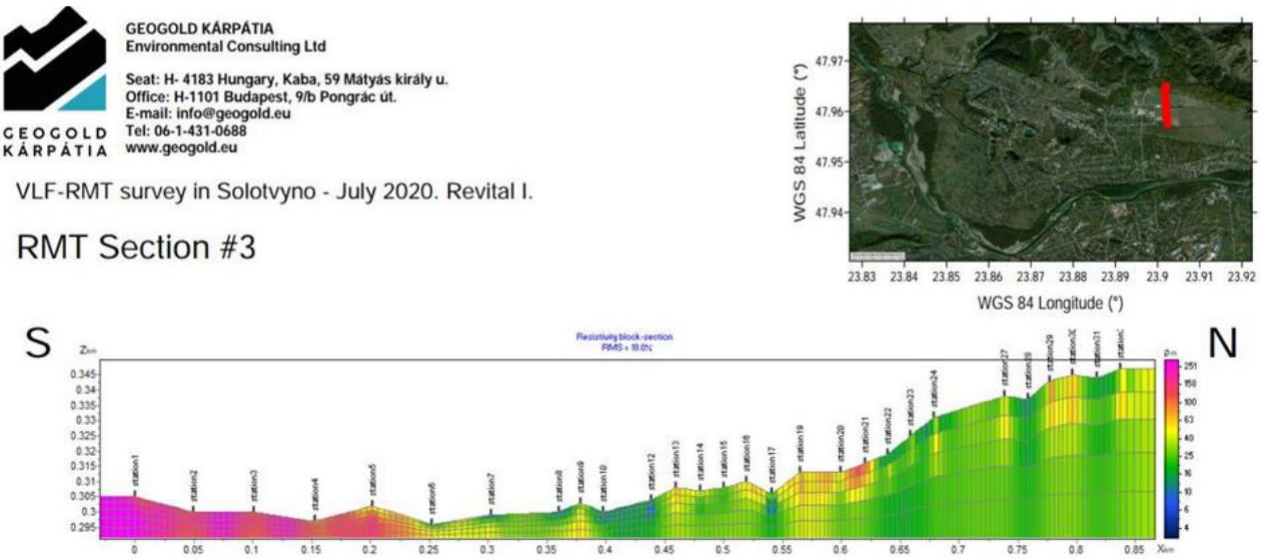
A sóbánya körül mért szelvényeken (17. ábra) egy 5-15 m vastagságú, változó vastagságú réteg alatt egy nagyon alacsony ellenállás tartomány (1-10 Ohm) jelenik meg, magas ellenállással (90-200 Ohm), melyben szögletes foltok vannak, melyeket nagyon magas értékek (4000-5000 Ohm) jellemeznek. Ezekben az esetekben az alacsony fajlagos ellenállás értékek sós agyagrétegekre utalhatnak, az ebben foglalt magas ellenállások pedig üregek (bányagödrök) jelenlétére utalhatnak.

indicate the presence of voids (mine galleries).



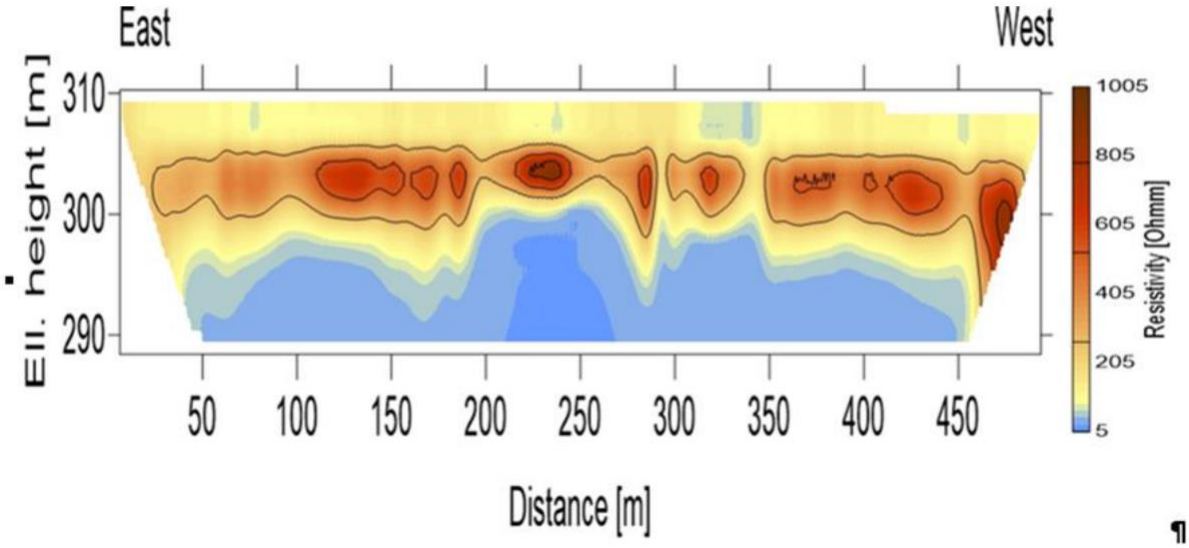
17 ábra. A fajlagos elektromos ellenállás eloszlása a sóbánya területén elhelyezkedő ERT-10 profil mentén

A Magura-hegyre merőlegesen mért szakaszok mentén általában két fő ellenállás tartomány jelenik meg (18. ábra): egy magasabb (150-250 Ohm) a hegy lábánál, egy alacsonyabb (25-100 Ohm) a magasabban fekvő területeken. A magasabb ellenállásértékekkel jellemezhető durvaszemcsés üledékek (tiszai allúvium, kavicsos homok) a hegyet felépítő agyagmárga és tufakomplexumból ékelődnek ki.



18 ábra. A fajlagos elektromos ellenállás elsozlása az RMT-3 profil mentén, mely a piedmontban található a Magura hegység területén

A romániai részen, a folyóval párhuzamosan mért fajlagos ellenállás profilban (19. ábra) a felső 4 m-es összefüggő réteg a mesterséges gátszerkezet, jól megkülönböztethető az alatta lévő, lényegesen magasabb fajlagos ellenállási értékekkel (400-600 Ohm) rendelkező rétegtől. Ezt az egységet kavicsteraszként értelmezzük, összhangban az ukrán oldal szelvényeivel. A kavicsterasz alatt néhány métert homokosabb, agyagba átmenetileg homokosabb üledékek alkotnak. A profil alsó 5-10 métere alacsony fajlagos ellenállási értékeket mutat (5-10 Ohm), a folyómeder más szakaszainak megfelelően agyagos lerakódásként értelmezhető, mely a profilt 100 méterig jellemzi.



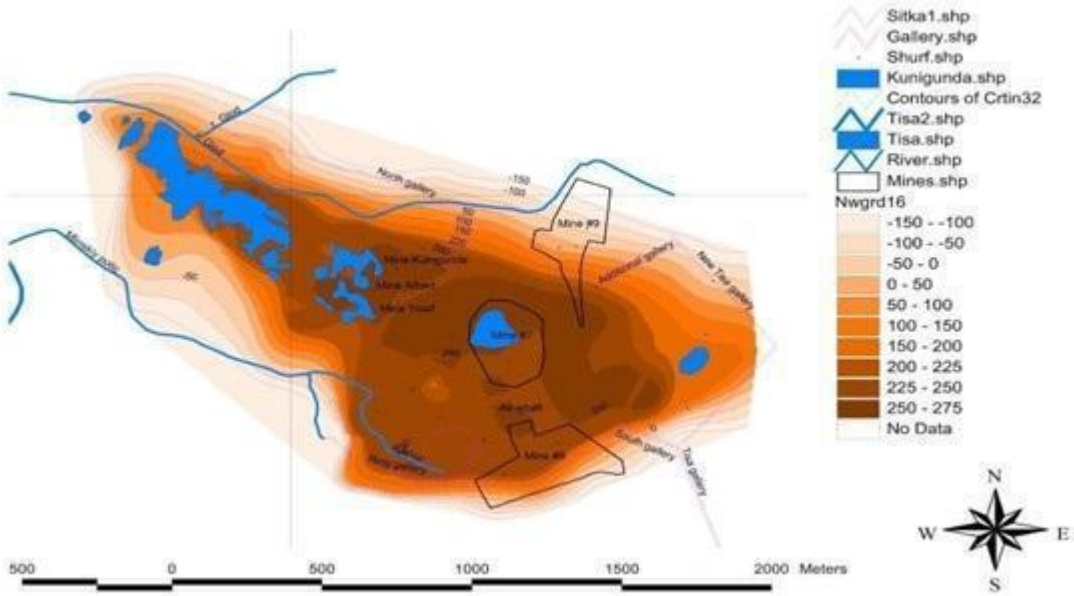
19 ábra. A fajlagos elektromos ellenállás eloszlása Máramarossziegt ERT profilja mentén

3.3.2 Geológiai felmérés

A Kárpát medence a Kárpátok íve és a Pannon medence között helyezkedik el. A Kárpátok gyűrődéseitől és a Pannon medencétől ÉNY-DK irányű fő szerkezeti vonalak választják el. A mélyedést kisbb szerkezeti egységekre osztják az ÉK-DNY irányú törésrendszerek. A mélyedés határait a Pieniny Klippen öv, a Peripannon szerkezeti vonal (Merlics-Szpitovszkaja, 1965), valamint a Hernád törésvonalától a Szlatina törésvonaláig határozza meg.

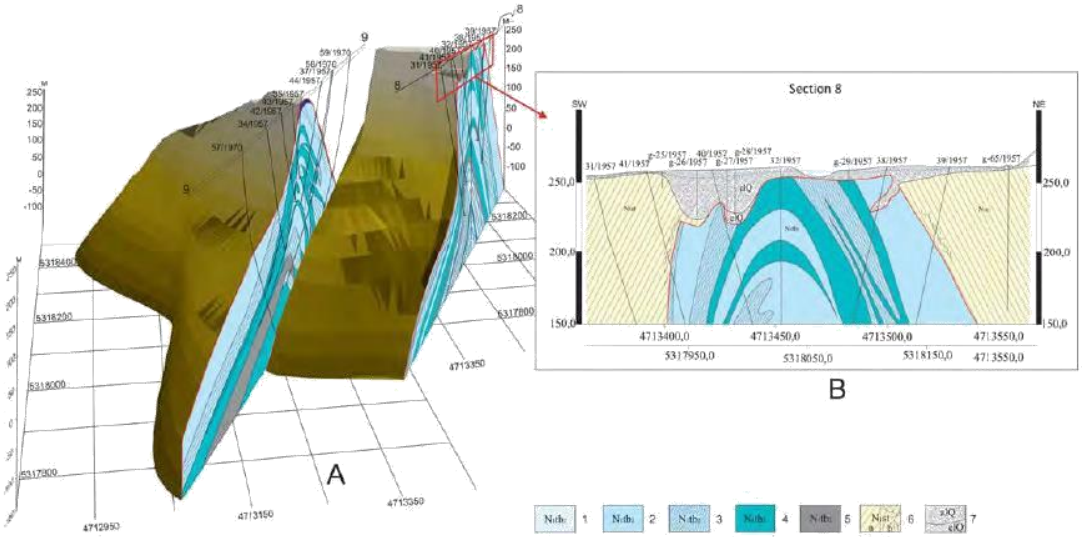
A Kárpát medence középső zónája (Csap- Munkács síkság és a Máramarossziget (Szlatina) medence) a mélyedés legnagyobb szerkezeti egysége. Brachyantiklinálisokból, erodáló sódiapírokból (Szlatina, Husztsófalva-Talaborfalva), kriptodiapírokból (beregkisalmás, Ilosva, Técső, Husztköz, Kökényes) éd magmás intrúziókból (Nagydobrony, Verbőc) áll (Sakin, 1976; GLusko-Kruglov, 1986; Lozinjak-Miszjura, 2010). A helyi miocén üledéksorozat homokkövekből és iszapkövekből áll, melyeket vulkáni tufák fednek, és a vulkáni és metamorf kőzetek ukrán prekambriumi pajzsán nyugszik. A kősó többnyire fehér színű, szürke agyagrétegekkel, melyek gipsz-anhidriteket tartalmaznak (Hryniv el al., 2007). A só a metamorfózis következtében folyékony szerkezetű halitként kristályosodott ki. A folyóteraszok a neogén (23-2,5 millió évvel ezelőtti) kiemelkedéről tanúskodnak, mely a sókupola felszínét borítja. A fedő üledékek mérnöki tulajdonságai (nagy áteresztőképesség) befolyásolják a természetes sókarsztot.

A szlatinai kősó lelőhely a Kárpát medence központi zónájában, a Dibrovszkaja és a Szlatina antiklinélis dél-délnyugati nyúlványában, egy szubduktív tömbben található. A szerkezeti jellege szerint a só feletti síkság a brachyantiklinális hajtás közelében helyezkedik el, sómaggal. A só vastagsága az antiklinális magban kb 2000 m. A szlatinai sódóm (Bosevs'ka és Hruscsov, 2011) figyelemre méltó méretű felülete kb 1 millió m2. Hosszúkás és körte alakú északnyugat-délkeleti irányban tájolt. A sótest legnagyobb mélysége kb 2 km, míg szélessége 200 és 800 m között változik a legnyugatibb és legkeletibb részésn (20., 21. ábrák).



20 ábra Térkép a sókupola kiterjedéséről a tavakkal (édes és sós), patakokkal, víztelevítő tárnákkal (kettős vonal, világos lila) és bányákkal az ABSL szerint.

A NAS Földtani Tudományok Intézetének jóvoltából, Ukrajna (A „A SZlatinai sókupola szerkezet só feletti komplex litológiai modellje" című cikkből, S.B. Shekunova el al., 2021, Az ukrán NAS Geológiai Tudományok Intézetének Tudományos Munkáinak Gyűjteménye 14. kötet). https//doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245822)



21 ábra A szlatinai sódóm belső szerkezetének litológiai keresztmetszete különböző tartalmú rétegekkel. Jelmagyarázat: 1) NaCl >= 98,2%, 2) fehér és világosszükre kősó NaCl >=97,5%, 3) világosszürke és szörke kősó NaCl >= 97,4%;4) szürke kősó NaCl >=97%, 5) agyag és iszapkő (A rész), 6) iszapkő, homokkő és tufa, 7) négyrétegű üledékek és alatta sós agyag (palah)

A NAS Földtani Tudományok Intézetének jóvoltából (A „A szlatinai szerkezet integrált geológiai modellje mint a szlatinai kősó-lelőhely geoökológiai fenntarthatóságának értékelésére szolgáló eszköz" című cikkből, S.B. Shekhunova et al., 2015, Az ukrán NAS Geológiai Tudományok Intézetének Tudományos Munkáinak Gyűjteménye 8.. kötet, 233-250. https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791)

A karsztosodott sókupola eredetileg egy genetikailag fedett minden szennyeződéstól védett karszttest volt. A szennyeződések jelelgzetes karsztos folyamatokat (üregek és nyelőlyukak kialakulását egyarátn) eredményez a sóban. Az agyagban gazdag sómaradvány ha nem sérül, egyes helyeken „palag" vagy 'pallah" nevű természetes védőréteget képez és a különböző kristályosodási formák befolyásolják a só geomechanikai tulajdonságait.

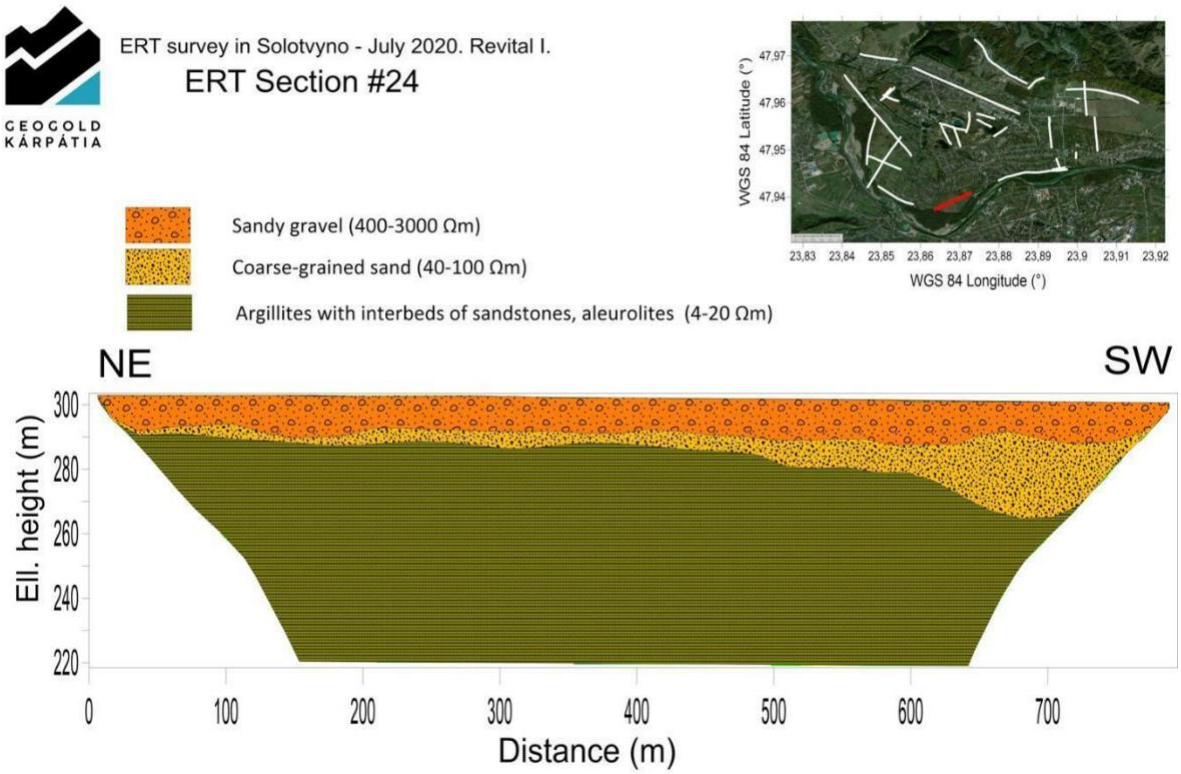
Az évszázadok során az először a felszínen végzett kősó kitermelés, majd később a bányászati és fúrási technikák fejlődése miatt a mélyebb utakra történő feltárás következtében a védőrétegek (palah) részben megsemmisöltek és eltűntek. E tevékenységek következtében a sókupola felszíne nyitottá vált, közvetlenül érintkezik a levegő nedvességével és csapadékkal, továbbá szpprpsabb kapcsolatba kerül az áramló felszíni és sekély talajvízzel is, és itt kezdődött meg a sókarsztosodás folyamata. Víznyelők, dolinák, kráterek és végül a bányák felbomlása

jöttek létre és mindetek a jelenségek a só feloldódásának következményei.

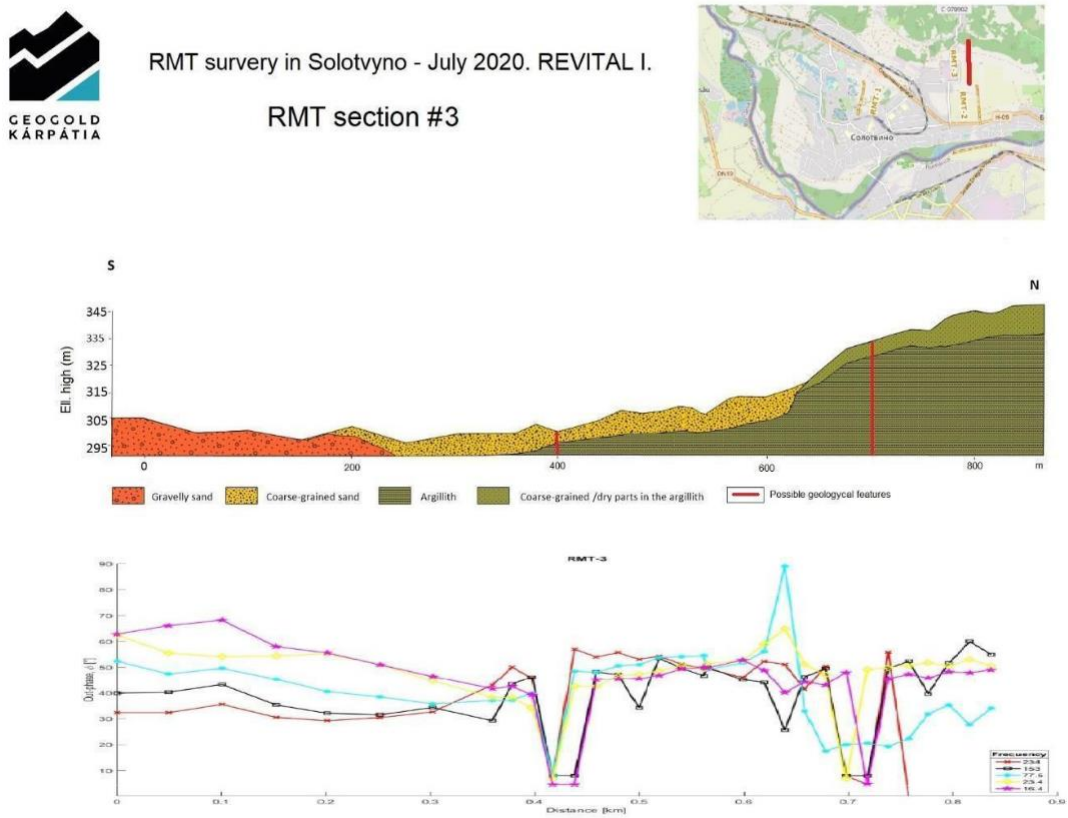
A földtani adatok feldolgozásának befejezése és a geofizikai mérések és információk értékelése után világossá vált, **hogy a Tisza folyó egymást feldő alluviális teraszai elérték a Magura hegység lejtőit, sőt viszonylag magasabban fekvő sókupolát is fedték, de nem olyan vastagon, mint nás helyeken.**

A terület nyugati és délnyugati részén egy nagy alluviális árterület található (22. ábra), melynek minden jelentős eleme agyag, homok és durva szemcsés kavics. A kavicsterasz vastagsága a folyótól való távolság függvényében fokozatosan változik (23. ábra). Ez a terület keleti és délkeleti részén is megfigyelhető.

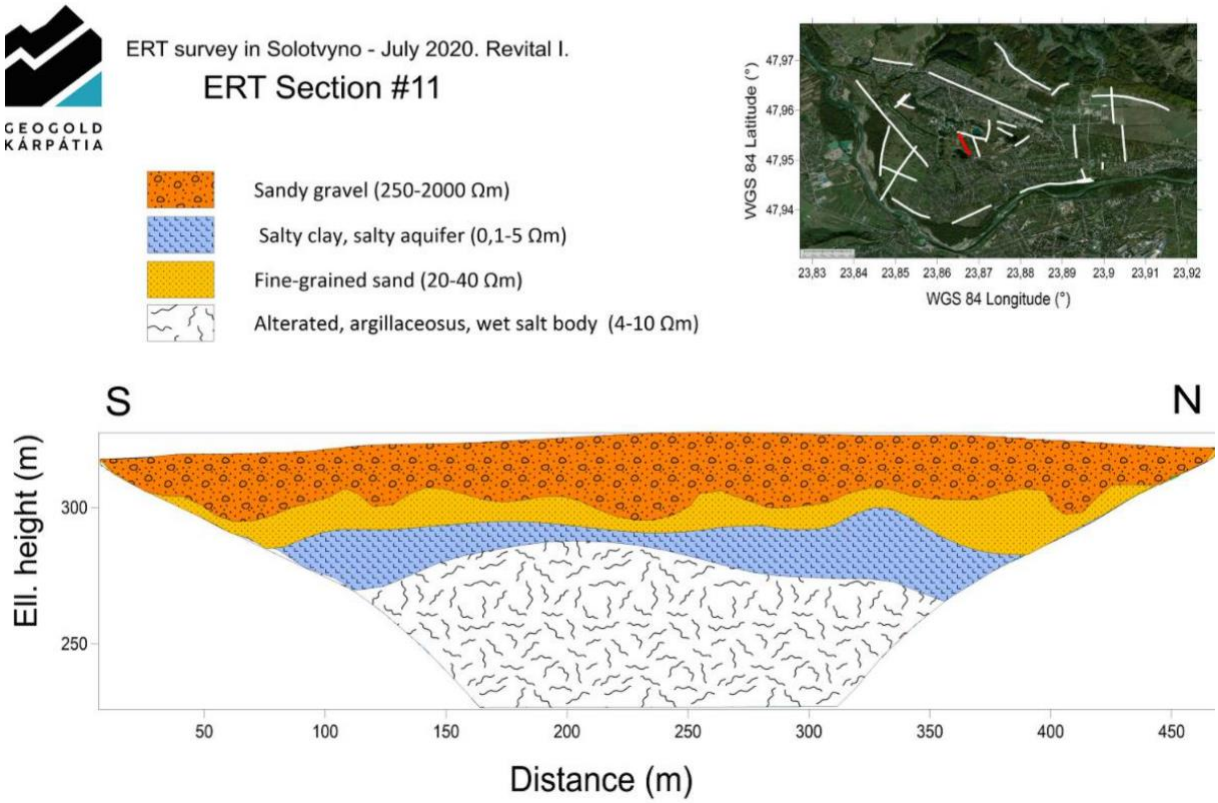
A Magurán az agyag- és homokrétegek nagyon heterogének, némi kavicsos részekkel, de főként az agyagos képződmények a jelentősek. A Magura alján azonosítható az első aquitad réteg, mely a terület felszíni vizeiben bír jelentőséggel. A bányaterületen a pallah (sekélytenegri környezeet sós agyag) van jelen, sót jelző indikátorokkal (24. ábra).



22 ábra Alluviális árterület geológiai keresztmetszetben



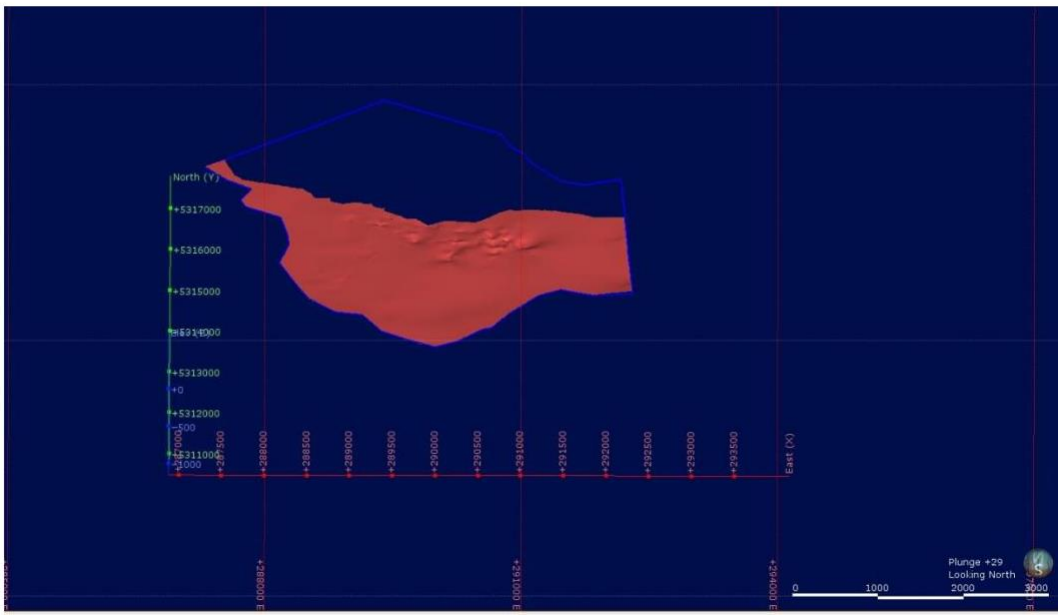
23 ábra. Geológiai keresztmetszet, ahol az alluviális lerakódások elvékonyodnak a Magura- hegység közelében



24 ábra. Keresztmetszet a bányaterület felett, a palah és a sós komplexumot ábrázolja

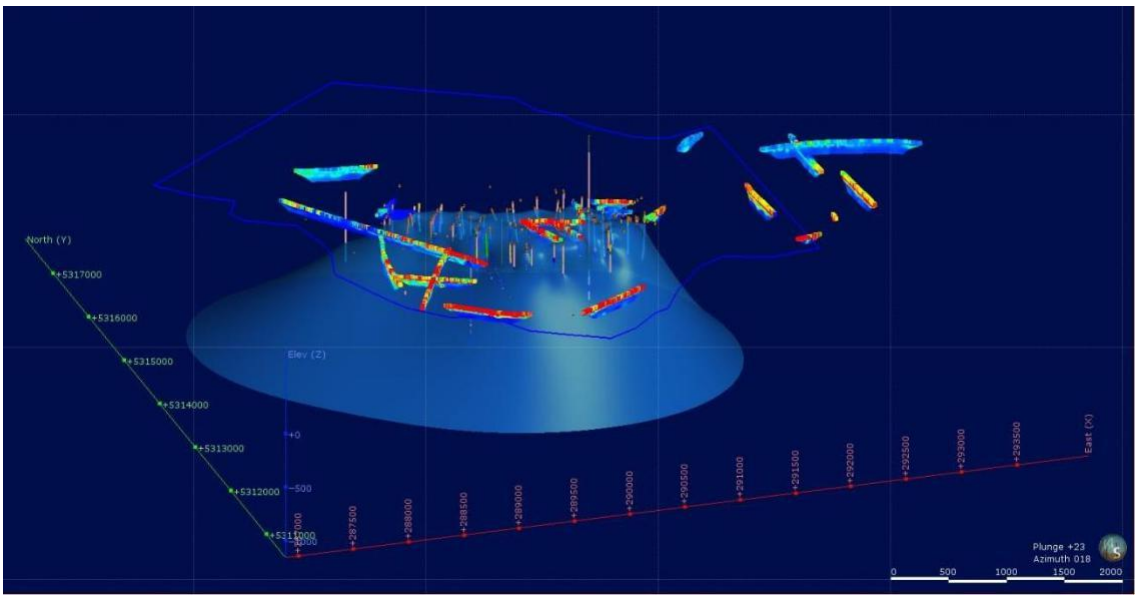
AZ archív geológiai, geofizikai és fúrási adatok alapján elkészült az alluviális felszíni modell 3D-ben (25. ábra), és a felszín alatti sókupola szintén 3D-ben (26. ábra). A projekthez készített 3D felszíni modell bármely modern webböngészőben futtatható. így a modell könnyebben megosztható és használható, mivel nem igényel külön szoftvert a számítógépen és a legtöbb jelenleg használt operációs rendszer (Windowa, OSX, Linux) és eszköz (PC, táblagép, telefon) képes megjeleníteni. Ebben az esetben online hozzáférés biztosított, de a modell internetkapcsolat nélkül is futtatható.

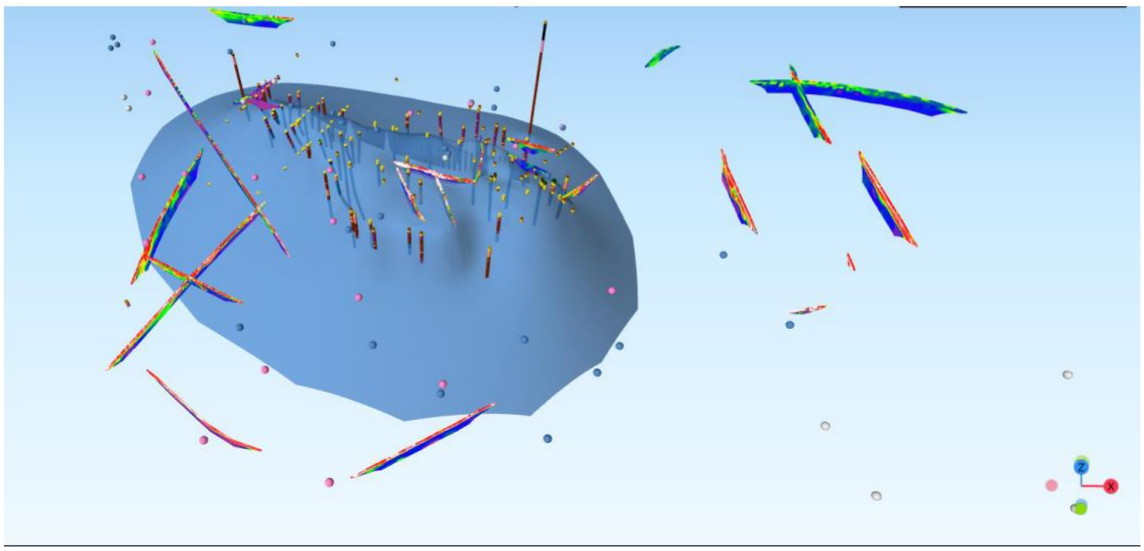
Az optimális használathoz egy naprakész böngészővel (pl. Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera) és internetkapcsolattal rendelkező személyi számítógépre van szükség. A modell tárolása és megosztása A GEoGold Kft. WebGIS szerverén (https://www.geogoldmap.tk/). A hozzáféréshez a felhasználónak rendelkeznie kell bejelentkezési adatokkal (felhasználónév: geogoldvendeg; jelszó: vendeg1234), majd a 3D modell a térképes felületen keresztül hívható meg.



25 ábra

Szlatina és környéke 3D alluviális felszínmodellje (a Tisza folyó a modell déli határvonalát szegélyezi). Az egykori bányaterületen jól láthatók a kráterek és víznyelők *(Geogold Ltd)*





26 ábra

A sókupola 3D-s modellje a geofizikai mérések útvonalával és a fúrásokkal *(GeoGold Ltd)*

3.3.3 A sóbányászat hatása a terület geológiájára

A több száz éve működő bányászati tevékenység problémái főként a 60-as és a 70-es években kezdődtek. Ahogy a sókitermelés volumene évi 0,5 millió tonnáról évi 1 millió tonnára nőtt mélybányákban robbanóanyagokat használva, úgy nőtt a káros jelenségek mennyisége és sebessége is. **Az erőltetett robbantásos kitermelés a környezeti katasztrófák számát is növelte, melyek okait három fő csoportba lehet sorolni.**

1) **A felszín közeli természetes vízzáró réteg (a négyrétegű köves-kavicsos-homokos alluviális üledékréteg alatti néhány méter vastagságú sós agyagréteg, helyi nevén „palah”) megbontása a bányászati tevékenység és a kutatófúrások miatt.**
2) **A mintegy száz évvel ezelőtti kialakított vízelvezető folyosó rendszer (a művelt bányaterületet körülvevő, átlagosan 30 m mélységben lévő vízelvezető rendszer, melynek célja a felszín közelében lévő négyrétegű köves-kvicsos-homokos réteg talajvíz elvezetése, mely a sókupola természetes védelmét biztosító „palah” réteg felett helyezkedik el) karbantartásának teljes hiánya. A folyosó és a víztelenítés kezelésének hiánya a 70-es években kezdődött, folytatódva az ebből eredő problémák helytelen kezelésével és a további megelőzés hiányával.**

3) **Nem megfelelően végrehajtott és erőltetett robbantási eljárások alkalmazása a sókitermelés növelése érdekében.**

Következmények:

a) Vízbetörések a bányákba

b) Repedések és bányatavak képződése, melyek a felszínre hatolnak

c) Éves szinten kimutatható 1-2,5 cm/év talajszint süllyedés

3.4 Hidrogeológiai mérések

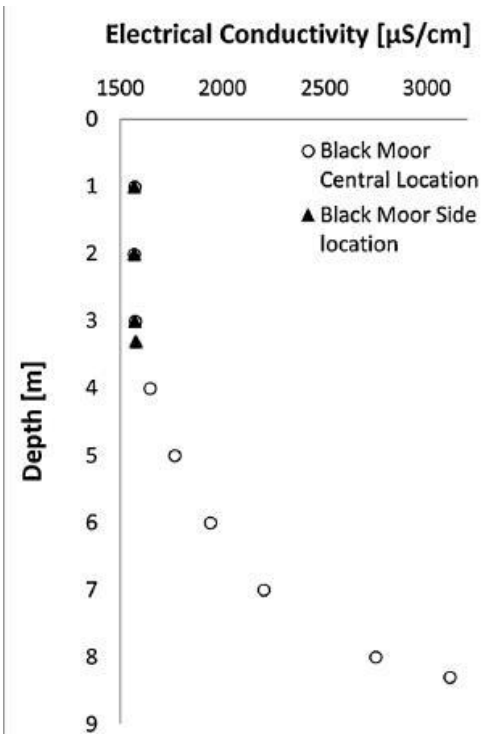
A szlatinai sókupola folyamatos oldódását befolyásolja az édesvíz utánpótlása, a csapadék mennyisége és intenzitása (különösen a téli csapadék felhalmozódása), a Magura hegység irányából érkező természetes vizek áramlása, valamint az antropogén hatások, elsősorban a vízkivételek és a szennyvíz bevezetése.

A kiemelkedő helyzetben lévő sókupola geimorfológiailag két részre osztja a régiót, északon a sókupolától a Magura hegységig és délen a Tiszáig. A Magura hegységtől a bányaterületig 5-7,5%-os a lejtés, így az innen lezúduló csapadékvíz a bányaterületet támadja. A víz elleni védekezés megoldása több mint száz évvel ezelőtt, átlagosan 30 m mélységben kialakított galériás víztelenítő rendszer volt, mely több kilométer hosszan, a művelt bányaterületet körülvéve épült ki, de évtizedek óta nem üzemel.

A bányaterülettől a Tiszáig a terep jelentősen lejt, innen már csak átlagosan 1%. A bányából kiszivárgó sós víz szivárgási útja tehát lényegesen hosszabb (2-4 év) a négyrétegű allúvium (Tisza árterek) nagyon jó vízvezető képességei (k= 100-200 m/d) ellenére (k= 100-200 m/d), - a bányaomlásokat követő lökéshullámok Tiszára gyakorolt közvetlen hatását nem számítva, ahogy az a 3.6. fejezetben (Hidrogeológiai mérédek) eredményeként szerepel.

A beomlott bányák ezen a hosszú szivárgási úton keresztül kisebb menyniségben, de folyamatosan terhelik a Tiszát, melynek sóterhelését ugyanakkor jelentősen növeli a turisztikai céllal üzemeltetett sós tavak elhasznált sós vizének a Tiszába történő bevezetése, mely a Glod és Izvor patakon és más mesterségesen létrehozott vízelvezető árkokon keresztül koncentrálódik.

A 8-as és 9-es bányák közelében található Fekete Mocsár különleges helyet foglal el a régióban. Ez egy „úgynevezett” krátertó, melynek nagy felületét víz tölti ki, és melynek vize a hőmérsékletmérések alapján részben folyamatosan édesvízzel, részben pedig a sós kőzetekkel való némi érintkezés révén sós ásványosodott vízzel van feltöltve és mely a tó mélysége felé haladva növekvő értéket mutat (lásd 27. ábra).



27 ábra

A Fekete Mocsár vízfelszíne közelében és a kráteró alján 2016-ban mért E(lektrikus) C(onduktivitás) profil (Az UX-1 robot is mérte ezt 150-470 m között a 10-es aknában 2021-ben). *(A „A hidrogeológiai helyzet a szlatinai sóbánya összeomlása után, Ukrajna” című cikkből, L.Stöckl et al, 2020, Hidrológiai Folyóirat,. 30. kötet, 100701.. 1-16. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100701)*

A Fekete Mocsárnak hidraulikus kapcsoalta lehet a beomlott bányákkal, amit a projekt során végzett mérésekkel közvetlenül nem lehet kimutatni és bizonyítani, de sok közvetett bizonyíték van rá. így például korábban a kráterben vagy annak közelében végeztek néhány kutatófúrást, melyek elérték a sókupolát és így hidraulikus „rövidzárlatot" okozhattak az így megnyitott bányaterület és a tó között. Ráadásul a 9-es bányában a vízbetörés is a Fekete Mocsárhoz legközelebbi kitermelési ponto, egy aknában történt (a 9-es bányát egyébként 2008-ban be kellett zárni, a kb. 300-350 m mélységben működő allergológiai kórházzal együtt). A lakosok elmondása szerint (szóbeli történelem) a tó kétszer ürült le (2005 végén és 2006 tavaszán), majd újra feltöltődött. A kiürítés során a krátertó több mint 10 m-t süllyedt, így a tó felszíne is megnőtt. Ezek a lefolyási események azt mutatják, hogy a Fekete Mocsárra hatással van a folyamatos víztelenítés, és az akkor még a 8-as és 9-es bányákban zajló sókitermelési események (pl. folyamatos szivattyús víztelenítés a két még működő bányában, mellyel a víz beáramlása felgyorsult) érintkezhettek az akkro még múködő 9-es (2008-ban vízbetörés miatt bezárt) és 8-as bányával. Ez utóbbi (8-as bánya) 2007-2008-ban a további sóoldódási folyamatok miatt tovább szakadt és beomlott, majd 2010-ben fel kellett hagyni.

28 ábra. A vizsgált sókupola területének térképe tavakkal (édes és sós), patakokkal, vízelvezető rendszerrel (GeoGold Ltd.)

Ezért is látványosabb a 8-as bánya beomlásakor keletkezett kráter, mert az 1886-ban megnyitott bányát, az akkori termelési szokásoknak megfelelően, csarnokok (kisebb-nagyobb, de csarnok) tervezték, és a teteje csak kb. 50-70 m-re volt a feszíntől. Az ilyen nagy csarnok(ok)ba belépő víz, hidraulikus csatlakozás esetén nagy helyeket találhatott, ami magyarázatot adhatott a Fekete Mocsár hirtelen és gyors elszívására és kiürítésére.

A szlatinai bányaigazgatóságtól begyűjtött archív bányatérképek alapján a 9-es bánya legtávolabbi feltáró kamrái a Fekete Mocsár alá mentek, a 8-as bánya esetében pedig a legtávolabbi feltárások is 100 m-en belül megközelítették a krátertavat (lásd 28. ábra).

A 9-es bánya vízbetörése krátertó létrehozása nélkül csak azért történhetett meg, mert itt a „Wieliczka" típusú (WIeliczka sóbánya Krakkó mellett, Lengyelország) modernebb, kis kamrás feltárási technikát alkalmazták és a feltárások 300-450 m mélységben történtek. A Miskolci Egyetem által végzett robotvezérelt felmérés szerint a kamra ágai ebben a mélységben teljesen beomlottak és megteltek vízzel anélkül, hogy látható következmények a felszínre jutottak volna.

3.4.1 A sekély felszín alatti vizek és a Tisza folyó felmérése

3.4.1.1 A felszínközeli vizek áramlásának vizsgálata területen

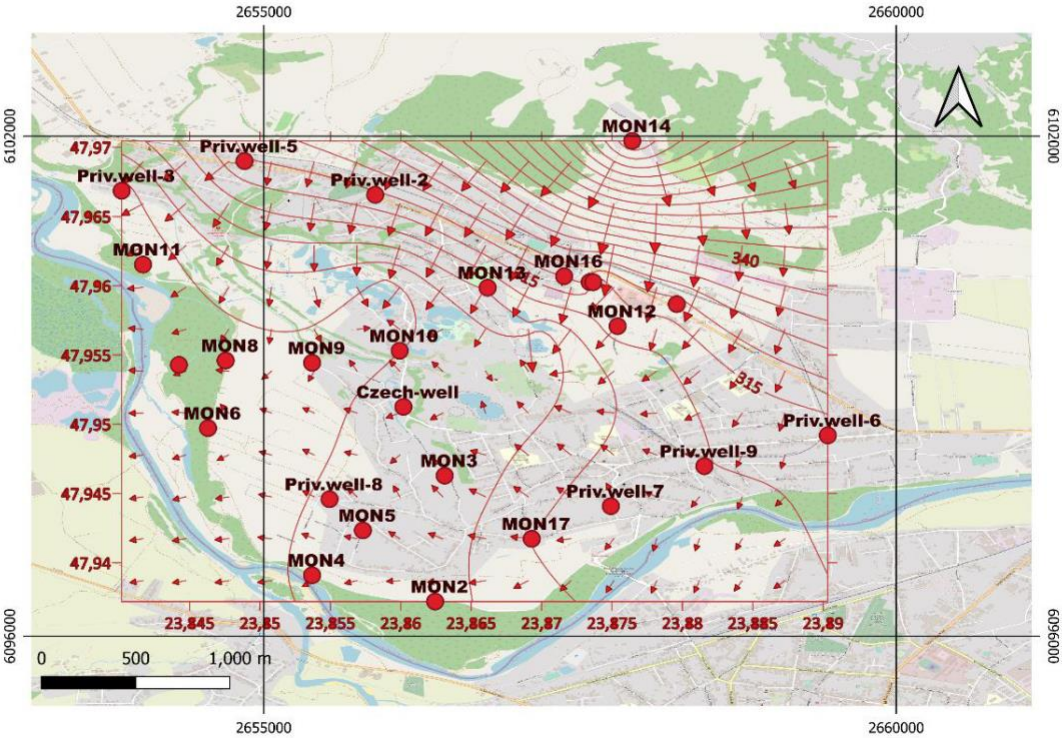
A projekt során 15 piezométeres kútcsoportot hoztak létre (MON jelzésű kutak), melyekben egy éven keresztül rendszeres/folyamatos vízszint- és vízkémiai méréseket végeztek. A mérésekbe hasonló mélységű (6-15 m) lakossági magánkutakat is bevontak (összesen 8 db).

A méréseken alapuló vizsgálatok a szezonális különbségek kimutatására is kiterjedtek. A 29. ábra jól mutatja a Magura hegység lejtőjéről induló széles É-D-i irányú talajvízáramlást, mely az egykori bányaterületet elérve hirtelen irányt változtat, és kelet-nyugati irányba fordul. EZ az áramló víz nagy részére igaz, de az áramló víz kisebb része elkerüli a bányaterületet és a Tisza felé áramlik megtartva az áramlási irányt közel É-D-i irányban.

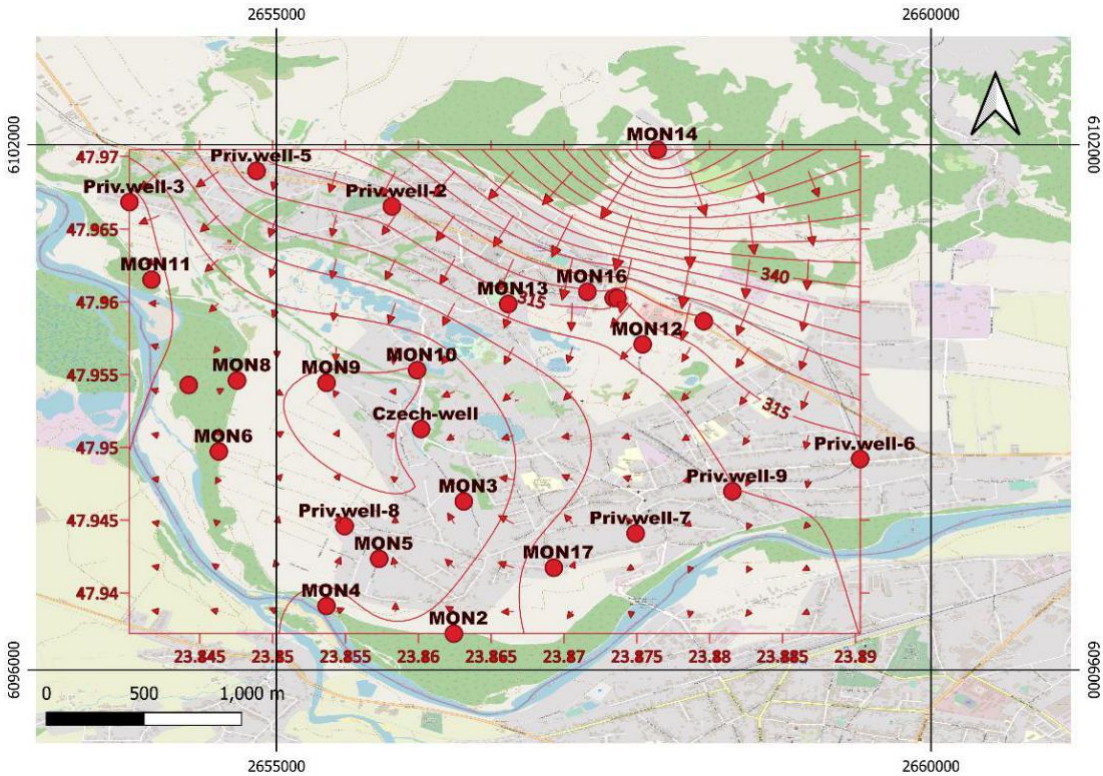
A K-NY-i áramlási irányt fenntartó vizek áthaladnak a tönkrement külszíni bányaterületeken, ott helyenként torzítják az áramlási képet azáltal, hogy a romos felszín alá hatolnak, majd tovább haladnak nyugati irányba a Tisza felé.

Az áramló képnek **három eredménye** van:

1) **A MON piezométer kutakat jól kijelölték, amelyek a jövőbeli felszínközeli vízmegfigyelő hálózat alapjául szolgálnak**
2) **Bebizonyosodott, hogy a felszínközeli vizek fő regionális áramlási iránya északról indult, majd K-NY-i irányba változott**
3) **A nályi, alacsony vízállású időszakokban minden folyóvíz a Tiszába folyik.**



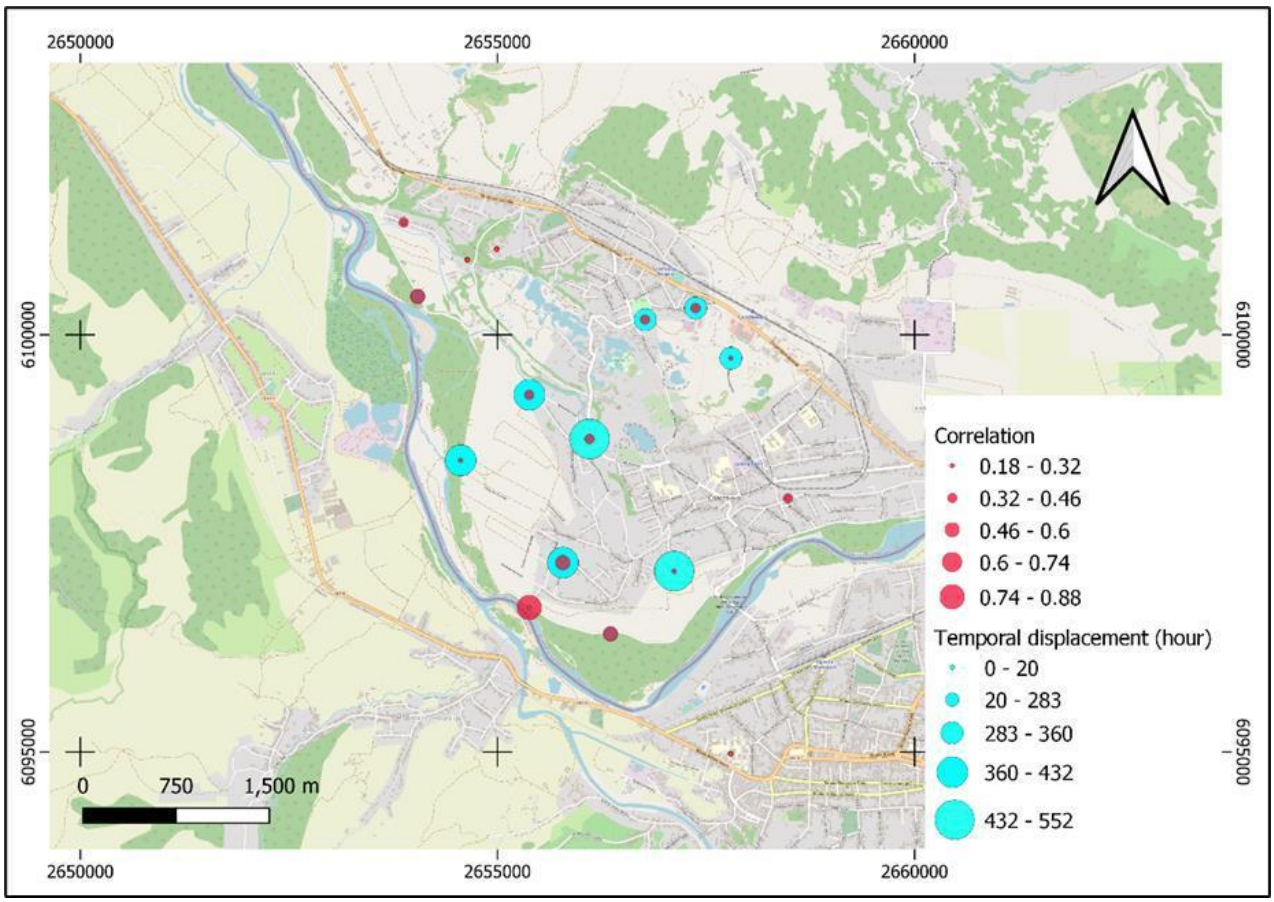
29 ábra Térkép a felszín alatti vizek áramlási irányának alakulásáról a 2020 évi csapadékszegény júliusban *(Geogold Ltd)*



30 ábra A felszín alatti víz áramlási térképe 2022 februárjában *(Geogold Ltd)*

Az áramlási mintázat télen kissé megváltozik, amikor nagyobb az áradás. A fő áramlási irányok megmaradnak, de a Tisza déli-délnyugati irányából az áramlási mintázat a bányaterület felé visszafordul. Más szóval, árvíz idején az egykori bányaterületet a Tisza által visszataszított felszínközeli vizek és a Tisza vizei (hiperhordalékos zóna) keveréek támadja (lásd 30. ábra).

A Tiszán leereszkedő nagy amplitúdójú árhullán hatását is vizsgálták.



31 ábra. Kapcsoalt a Tisza érvízi eseménye és a kutakban mért vízszint között

Összefoglalva a 2021.06. és 2022.05. között végzett nyomáshullámvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a Tisza mentén az üledékekben tárolt talajvíz a Tiszához kapcsolódik, még akkor is, ha az adott megfigyelési ponton a vízszint magasabb, mint a Tisza legközelebbi pontján. Ennek oka lehet, hogy a Tisza felső és magasabb szakaszain a part menti üledékekbe beszivárgott a víz a folyó menték K-NY-i irányban hosszirányban áramlik, és a nyomáshullám terjedése nagyobb magasságban is megfigyelhető (többek között a Magura lábánál lévő 20-30 m mély kutakban is). A fajlagos érték a folyótól való távolságtól és a geológiai felépítéstől függ.

A Tisza már nincs hatással a Magura hegyen lévő Mon-14-es kút vízszintjére. Ezen a megfigyelési ponton a kút vízszintje (356,55 mbf) jelentpsen magasabb, mint a Tisza vízszintje (95 m különbség).

Vizsgálták továbbá egy nagy amplitúdójú árhullám hatását a Tiszán. A 2021.12.21-től 2022.02.02-ig tartó árvízi esemény során óránként vett víszintek idősoraiból levezethető, hogy a Tisza hatása alatt a part menti területek széles skálája áll, ahol a nyomáshullámok a geológiai felépítéstől függően rövid idő alatt érik el a megfigyelési pontokat.

A kutak közötti kapcsolat még szorosabb, mint a folyó és a felszín alatti vizek megfigyelési pontjai között. Ez azt jelenti, hogy a felszín alatti víztartó réteg egyes pontjai egy érvízi eseményt követően rövid időn belül egyidejűleg lecsapolódnak.

3.4.2 Kémiai mérések (Fekete Mocsár, kráterek, aknák, Tisza folyóhoz csatlakozó allúvium)

Néhány elepvetés a vízkémiai paraméterekkel kapcsolatban:
A természets vizek tipikus EC értékei: esővíz: 50 µS/cm
folyóvíz: 200-300 µS/cm (pl. a Tisza nem sós folyószakaszai)
ivóvíz: 500-600 µS/cm
enyhén sós víz (mineralizált édesvíz): 1000 – 1800 µS/cm
tengerví: 52 000 µS/cm (35 g/l sótartalom, főként NaCl)
telített sós víz: 100 – 150 mS/cm (sótartalom 50 g/l felett, a telítettség növelhető a hőmérséklet emelésével)
teljesen telített sós víz: 230 – 250 mS/cm (max. 358g só oldódhat fel 1 liter édesvízben)

A teljesen telített sóoldat 26,4%-os sóoldatot jelent, tehát 1 l teljesen telített sós víz (sűrűsége 1358 g/l) sótartalma 264 g só.

A térségben zajló vízkémiai folyamatokat több idősíkban vizsgálták, hogy a folyamatok változását vagy változatlanságát kimutassák.

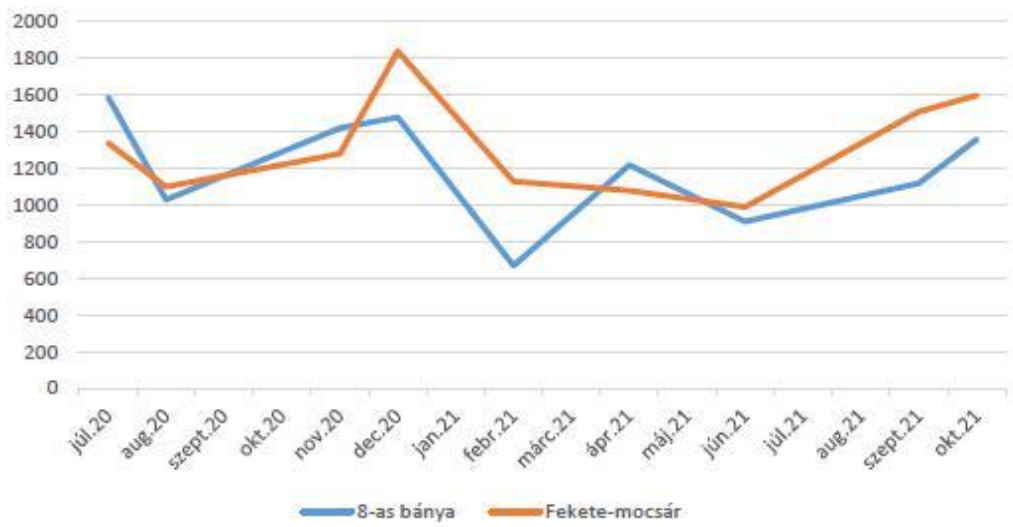
1) 2016 szeptemberében, az EU tanácsadói missziója során végzett mérések (publikálta L. Stöckl et al. 2020, Hidrológiai Folyóirat, Elsevier)
2) Geogold Ltd által 2020-21-ben mért tesztek
3) A Miskolci Egyetem UX-1 robotjával végzett mélységi vizsgálatok (10. aknában)

3.4.2.1 A Fekete Mocsár vizsgálata

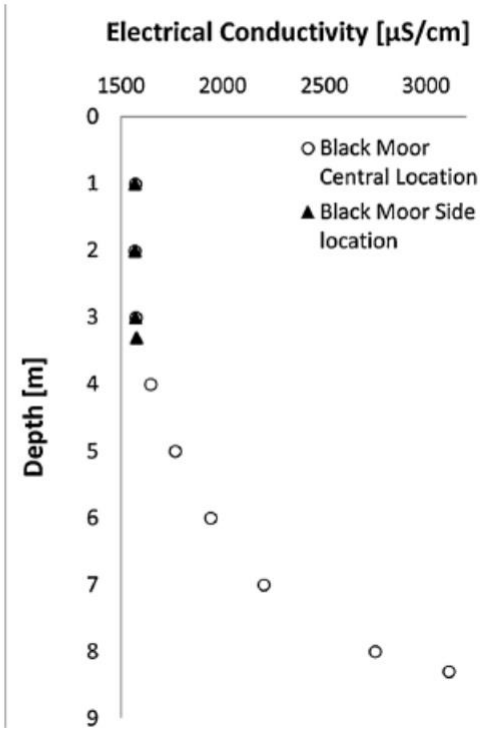
A Fekete Mocsár, amint azt a hidrogeológiai összefoglaló elején említettük, kulcsszerpet játszott és játszik a regionális folyamatok alalkulásában.

A mért EC értékek (lást 12. és 13. ábrák) a Fekete Mocsár vízfelszíne alatt (-1- -3 m mélységben) (miközben az egyes bányák magasabb topográfiai és hidraulikus grádiens helyzetben vannak, átlagosan 309 m ABSL magasságban):

EC= 1550µS/cm (2016.09.) Stöckl et al.(2020)
EC= 1425µS/cm, Cl= 234mg/l (2020.06.) Geogold Ltd
EC= 1530µS/cm, Cl= 352mg/l (2021.11.) Geogold Ltd



32 ábra. A vízfelszín közelében mért EC értékek (µS/cm) 2020-21-ben *(Geogold Ltd)*
Jelmagyarázat: a 8-as bánya krátertava (kék), Fekete Mocsár (narancs)



33 ábra. A Fekete Mocsár vízfelszíne közelében és alján mért EC profil 2016-ban (*L.Stöckl et al, 2020, Hidrológiai Folyóirat)* A UX-1 robot szintén 150-470 m között mérte ezt a 10-es aknában 20.21.16-ban

A Fekete Mocsár felszíne közelében mért EC értékek tehát megegyeznek Stöckl méréseivel (2016).

Úgy tünik tehát, hogy a Fekete mocsár felszíne közelében mért EC értékek 5 év alatt gyakolatilag nem változtak. Ez nyilvánvalóan egyensúlyi állapotot mutat.

Ugyanakkor a Fekete mocsár legmélyebb pontján (-8 m mélységben) mért EC érték a következőképpen alakul: EC= 3110 µS/cm *(09.2016) Stöckl et al.*

Ez az érték megegyezik az UX-1 robot által a 10-es aknában 150 és 470 m között mért értékek átlagával (3200 microS/cm). Ez alapján **feltételezhetünk egy hidraulikus lapcsolatot a Fekete mocsár –tó és a 9-es bánya 10-es aknája között.** Ennek bizonyítására vízfestést is végeztünk, azonban a tó felszínére befecskendezett festék (só mint nyomjelző itt szóba sem jöhetett, csak fluoreszcens) a 10-es aknában még nem jelent meg, feltehetően az aknában lévő mozdulatlan (látszólag mozdulatlan) és nagyobb sűrűségű sós víz miatt 150-470 m közötti nagy mélységben illetve fent.

3.4.2.2 Krátertavak vizsgálata

A krátertavak az egykori bányák felszakadása miatt jöttek létre. A szakadások után rövid időn belül megteltek vízzel, főként a bányába jutott vízből (mely később a sóoldat miatt koncentrálódott), kisebb részben a bányába ömlő esőből valamint a kumminális szennyvízből.

A krátertavak (a 7. és 8. bánya helyén keletkezett) vízminőségének változásával és vizsgálatával kapcsolatban érdemes megjegyezni a következőket:

Az édesvíztől eltérően a sós víz (sóoldat) elsősorban a sűrűségkülönbség alapján rétegződik.

A tengervíz sűrűsége 1,036 g/cm³ (ami 3,5%-os sóoldatnak felel meg), ha a sóoldat sűrűsége 1,164 g/cm³ (ami 14%-os sóoldatnak felel meg), akkor teljesen telített sóoldat (ennél több nem lehet maradék feloldódása nélkül) sűrűsége 1,360 g/cm³ (26,5%-os sóoldat). Ez a magyarázata annak, hogy a 10-es aknában kb. 150 m-től nagyobb sűrűségű sós víz (EC= 2200-3200 µS/cm),- gyakorlatilag mozdulatlan-, felette pedig a kisebb sűrűségű, kevésbé sós vagy szinte édesvíz található, ami viszont könnyen mozog. Ez a legtöbb mérési pont EC adataira is elmondható (fölöttük egy ivóvíz típusú EC= 500-600 µS/cm, néhány méterrel vagy pár 10 m-rel mélyebben egy tengervíz típusú EC=50-60 mS/cm, alattuk pedig már a sós oldat telített EC= 100-250 mS/cm).

A telítettség eléréséhez az édesvíznek rövidebb vagy hosszabb tartózkodási időre van szüksége a sós közegben; ez idő alatt végzi el sóoldó, só-karsztos/kavitációs és ezáltal romboló folyamait. A sókarsztképződés folyamatai a teítettségi állapothoz közeledve lelassulnak, és a sűrűsségkülönbség miatt ez fokozatosan igaz a mélyebb rétegekre. Ezzel szemben a felszín közelében áramló, kevésbé sűrű vizek könnyen mozognak és igyekeznek elérni az egyensúlyi állapotukat, ami esetükben a telítettséghez közeli állapotot jelenti. Ez folyamatos sózást jelent. Más szóval **a mélyben valószínűleg stabilizálódtak a viszonyok, a felszín közelében ez valószínűleg nem így van, ezért további felszíni mozgások várhatóak. Habár ezek intenzitása idővel szimptotikusan csökkeni fog,** hacsak nem következik be valamilyen hirtelen természeti változás (pl. szlsőséges csapadékesemény, földrengés stb). További felszíni mozgásokat okozhatnak azonban a szabályozatlan sóskivételek a felszaladt bányaterületek felett kailakult sós tavakból, valamint a vízközmű-hálózatok jelentős szivárgása.

A szakirodalom szerint a **7-es bányát** 1953-ban zárták be, és az ezt követő kráterképződés óta évtizedek teltek el. Mivel az utóbii három bánya közül a sókupola fedele itt van a legközelebb a felszínhez (mintegy 10m), **a vízzel teli krátertó** közvetlenül érintkezik a sókupola fedelével, **így a tó teljesen telített sóval, tehát egyensúlyi állapotban van**. Ezt már a 2016-os helyszíni mérések is megerősítették (lásd 34. ábra).

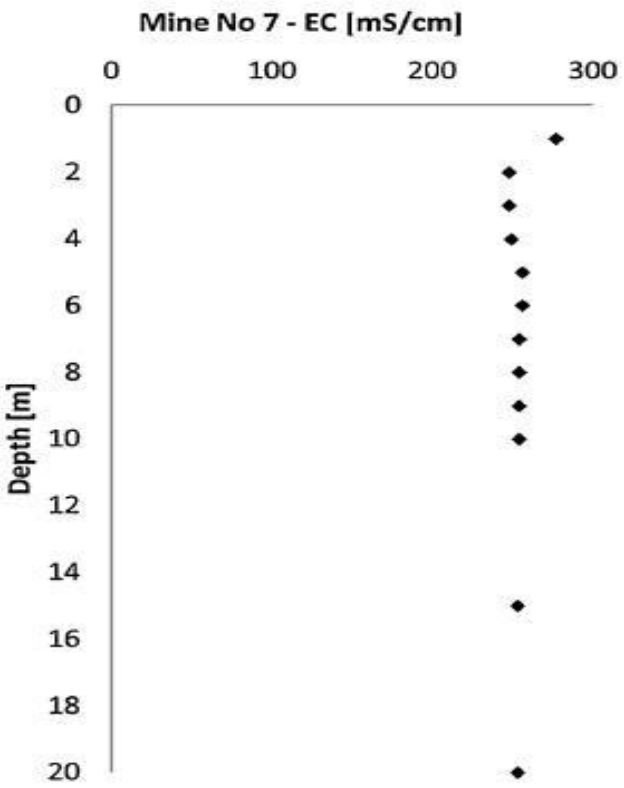
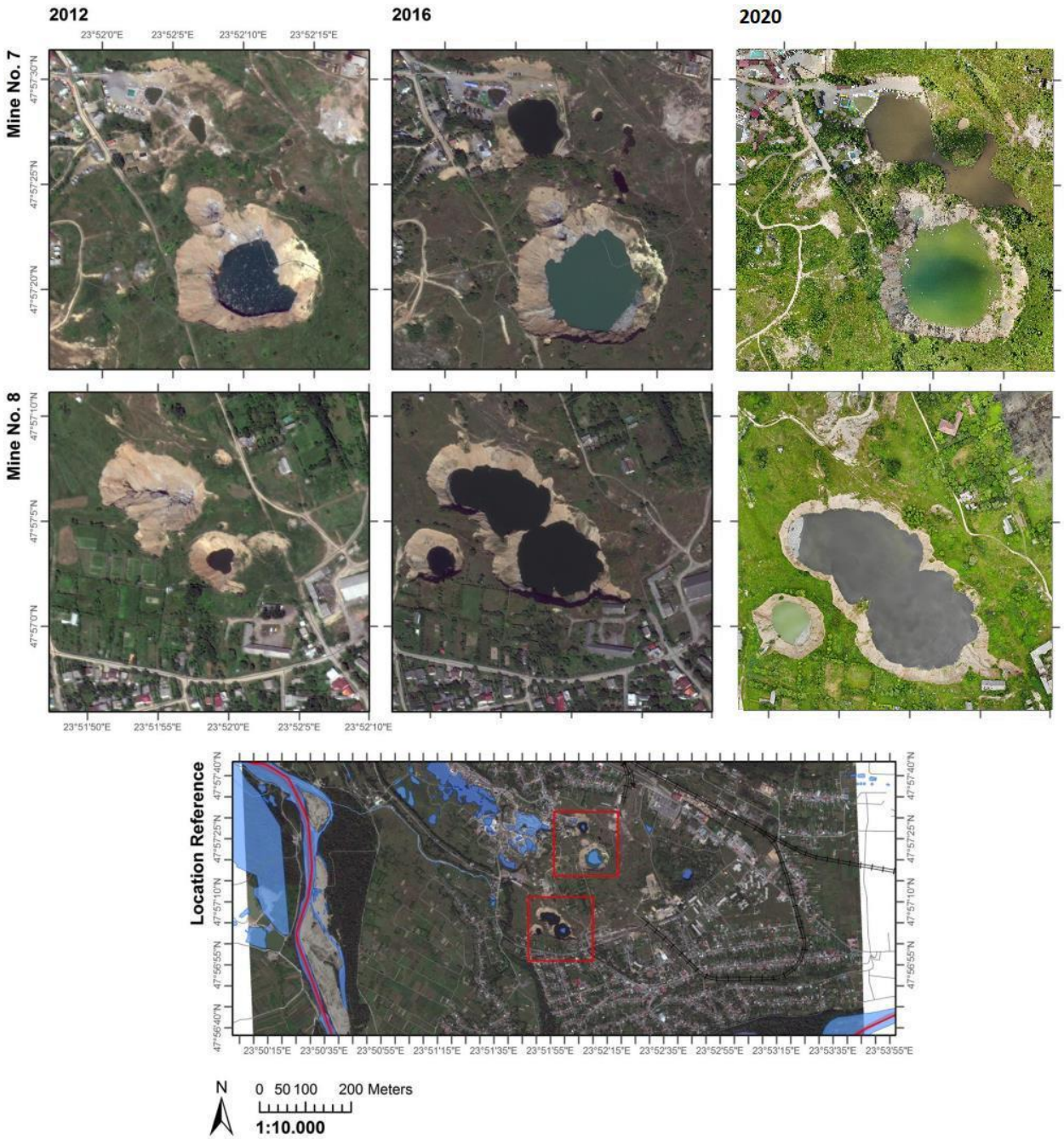


Figure 34

EC depth profile in the crater-lake of Mine 7 in 2016 *(Stöckl et al, 2020)*

2016-ban az EU Polgárvédelmi Csoport Tanácsadói missziójának szakértői még a közvetlen vízkémiai vizsgálatot sem kockáztatták meg, ehelyett a 8-as bánya aknájából vettek mintát. A 15. ábra szerint az akna felszínén a víz sóskoncentrációja a tengervíznek megfelelő (EC=50-60 mS/cm), majd a 8-16 m mélység közötti átmeneti zónába érve a sütartalom eléri a teljes EC=250-270 mS/cm telítettségi állapotot.

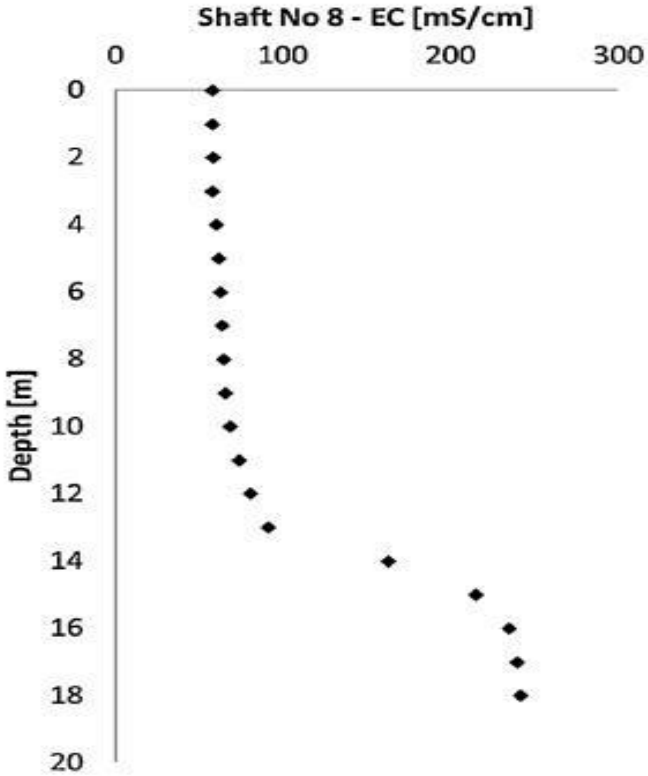
A vízkémiai EC vizsgálatok azt mutatják, hogy a 8-as bánya helyén kialakult krátertó sem statikai, sem vízkémiai szempontból még nem érte el az egyensúlyi állapotát. Továbbá, a krátertó a lakosági szennyvízbefolyásoknak köszönhetően folyamatos vízutánpótlást is kap, így további sótalanításra is alkalmas.



35 ábra A 7-es és a 8-as bánya töréskrátereinek alakulása *(GeoGold Ltd. in Stöckl et al, 2020)*

3.4.2.3 Bányaaknák vizsgálata

8-as akna



36 ábra EC mélyésgprofil a 8-as aknában 2016-ban *(Stöckl et al, 2020)*

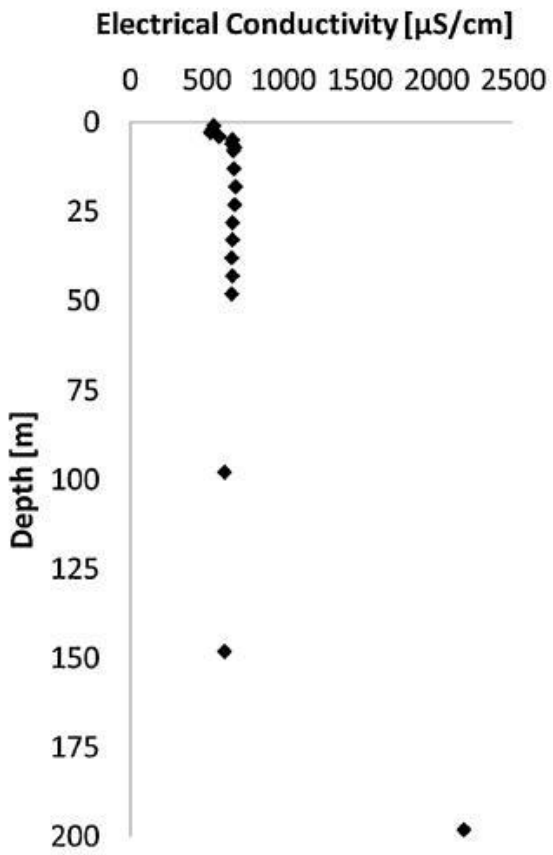
A 8-as akna mutatja a legltáványosabb és legintenzívebb betöréseket (lásd 36. ábra).

Végül 2010-ben összeomlott és azóta instabil, nehezen hozzáférhető és nehezen mérhető. A kráter vízfelszínén mért vezetőképesség alapján, EC= 1280µS/cm, Cl=262 mg/l (2021. november), a Geogold mérései alapján az enyhén sós/ásványos édesvíz kategóriában tartozik.

10-es akna

Jelenleg csak a (2008-ban bezárt) 9-es bánya egykori azállítóaknája (10-es akna) mérhető teljes hosszában 506 m mélyésgig. 2006-ban a 8-as bánya aknája, mely még mérhető volt, szintén beomlott.

A 2016 szeptemberében elvégzett EC mérések szerint mintegy 200 m magasságig a felső néhány méteren EC=500 µS/cm-ról EC=650 µS/cm-re emelkedik, majd kb 10 és 150 m között ez az érték stabilizálódik. A 1980 m-es mélységben (ez volt akkor a maximális mélység a rövid mérőkábel miatt) az EC 2180 µS/cm-re nőtt. (lásd 37. ábra).

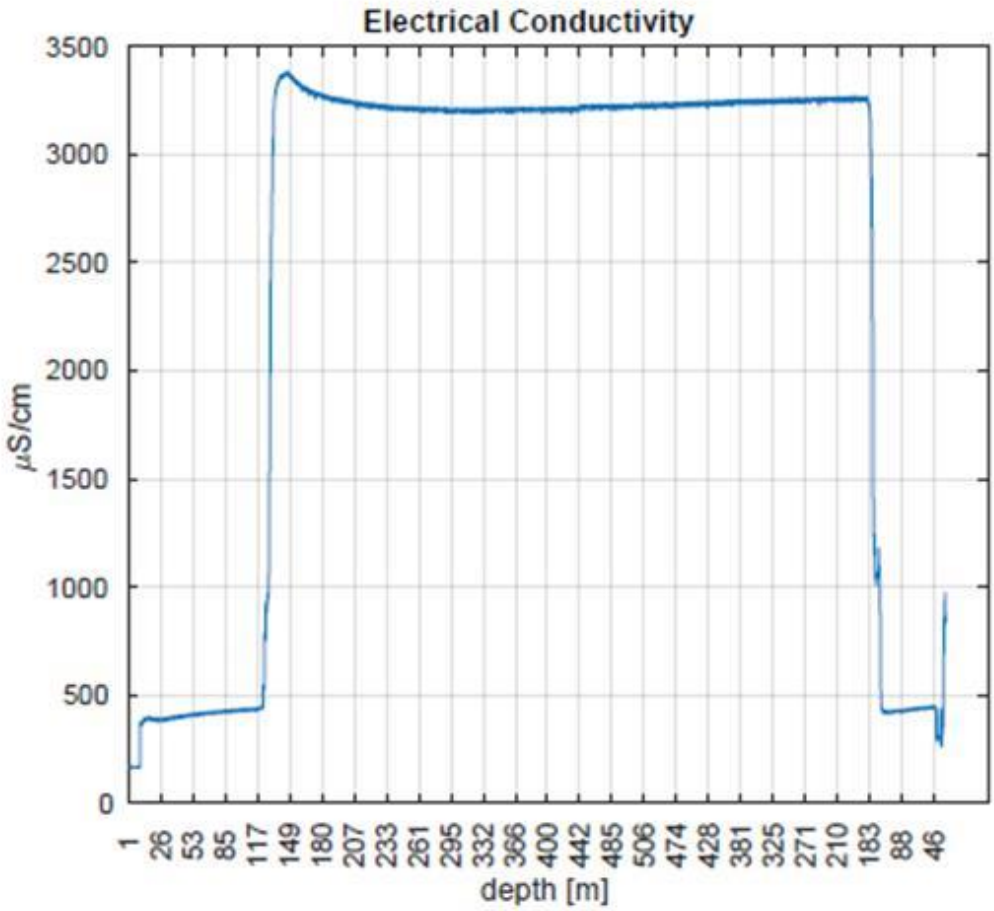


37 ábra EC mélységprofil a 9-es bánya 10-es szállítóaknájában 20166-ban *(Stöckl et al, 2020)*

A 2016-os EC méréseket újra ellenőriték és az eredményeket a 2021 késő őszén telepített UX-1 robot segítségével kiterjesztették a 10-es akna teljes szakaszára. A távirányítású úszó eszköz többek között vízminőségi mérésekre és vízmintavételekre is alkalmas. A robot által készített EC profil megerősítette a 2016-os méréseket, sőt a mérések mélységhatárát 500 m alá is kiterjesztette.

A mérési profil alapján az elektromos vezetőképesség a felső 10-130 m-es rétegben, az akna vízrétegében közel állandó EC=400-500 µS/cm értéket mutatu (a 130-as mérések 2016-ban EC= 500-600 µS/cmértéket mutattak). 130-140 m között az átmeneti zónában a vezetőképesség

gyors növekedése figyelhető meg. A 140 m-től 506 m mélységig az EC= 3250 µS/cm érték is csaknem állandó (lásd 38. ábra).

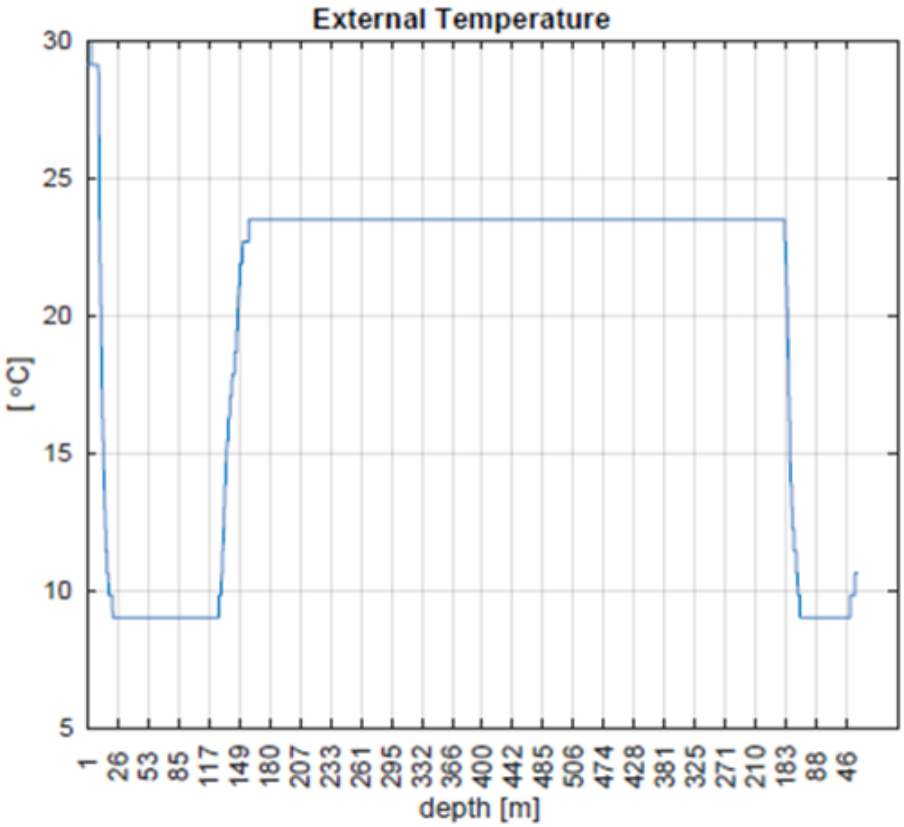


38 ábra

Az EC értékek alakulása a 10. akna teljes hosszában az UX-1 szerint

(Miskolci Egyetem)

A robot által mért hőmérsékelti profilértékek változása szinte ugyanazt a profilgörbét mutatja. A 10-es akna felső szakaszán, 130 m mélységig a hőmérséklet állandó t= 8°C. A 130-150 m mélység közötti átmeneti zónában a hőmérséklet 24°C-ig folyamatosan elemkedik majd a 10. akna aljáig (506 m) változatlan marad (lásd 39. ábra).



39 ábra. A hőmérsékleti értékek alakulása a 10. akna teljes hosszában az UX-1 szerint *(Miskolci Egyetem)*

A 10-es akna ph-ja a felszín és 143 m közötti mélységben fokozatosan csökkenő értéket mutat 10 és 9,5 között, majd 143 m-től 8,5 körüli értékre csökken, mely 506 m mélységig állandó marad.

Összefoglalva, a 2016 óta végzett EC mérések azt mutatják, **hogy a 10-es aknában friss vízhez jutnak**. A 2016-ban mért EC= 500-600 µS/cm érték a 2021-es robotmérések alapján EC= 200-400 µS/cm-re csökkent, ami a 10-130 m közötti zónában EC=400-450 µS/cm-re változik (2016-ban 150 m-en 650 µS/cm értéket mértek). 130-140 m mélységben már egy átmeneti keveredési zóna látható (az EC= 450 µS/cm érték 3200 µS/cm értékre nő), ami a 2016-ban regisztrált 150 m-es minimális mélységhez képest magasabb értéket mutat.

A 2021-es robotmérések 140 m mélységtől az akna aljáig állandó EC= 3200 µS/cm értéket mutatni, ami kb. EC= 1000 µS/cm vezetőképességet jelent, ami magasabb, mint 2016-ban 198 m mélységben mért EC=2180 µS/cm.

A mélyben lassú sóoldódás megy végbe, hogy a telítettséghez közeli állapotot érjen el. A telítődési folyamat még nem befejezett.

A fentieket a tengelyben mért hőmérsékelti profil is megerősíti. Az alacsony vezetőképességű édesvíz t=8 C°-os értéke a 130-150-es átmeneti zóna után t= 24 C°-ra emelkedik, és a fenékmélységig állandó marad.

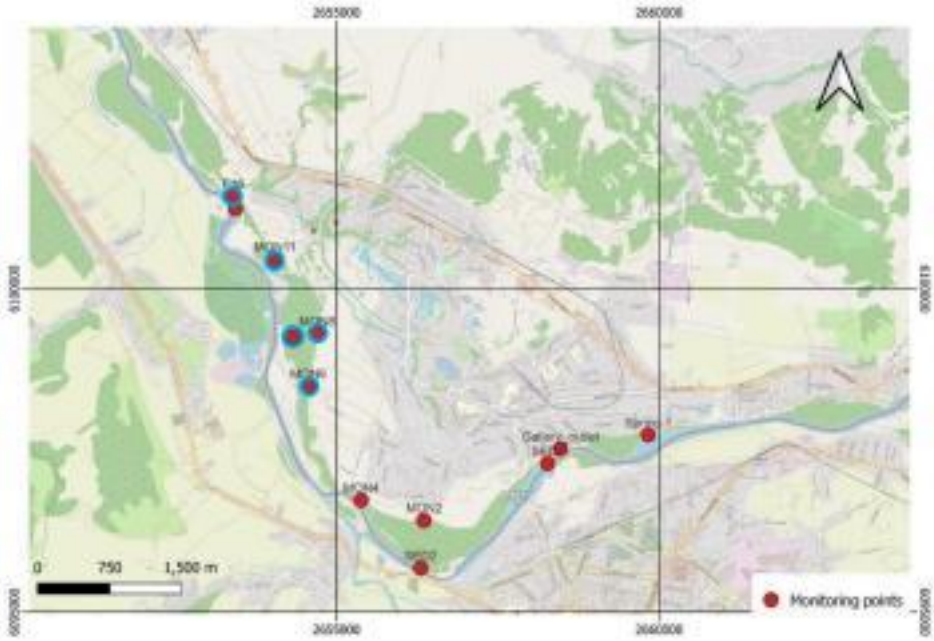
A több száz méter mélyen fekvő bányaaknák gyakorlatilag járhatatlanok a robot által észlelt omlások miatt. Ugyanakkor a 10. akna statikailag stabil és további mérési lehetőségeket biztosít a víz kémiai változásainak mélységben történő vizsgálatához.

3.4.2.4 A Tisza árterének allúviumában folyó felszínközeli vizek vizsgálata

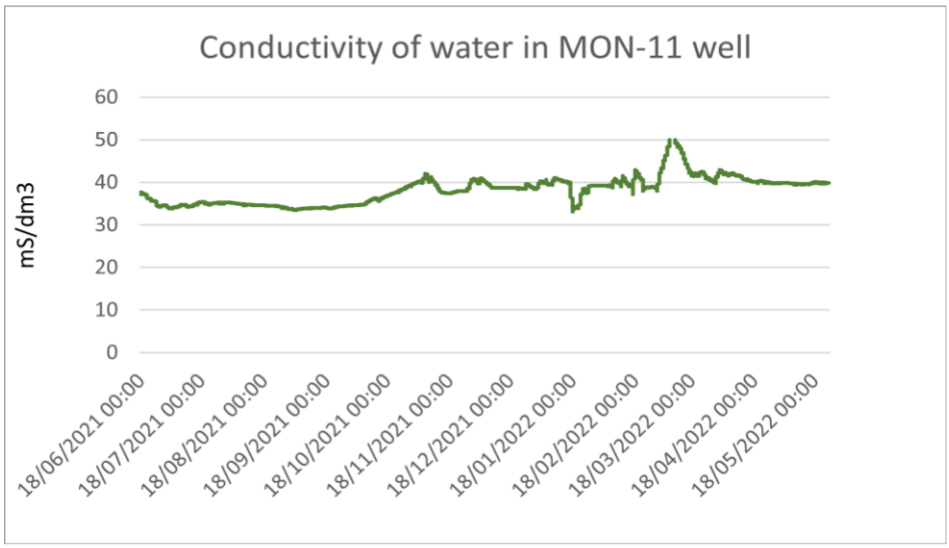
A Tisza árterében lévő felszínközeli vízfolyások külön figyelmet igényelnek, ezért a MON jelzésű megfigyelő kutak egy része itt, közvetlenül a Tisza melletti árterületen létesült. A Tisza árterében a felszínküzeli vizek árvíz idején a szárazföld felé, alacsony vízálláskor pedig a folyó felé áramlanak. Ez az oda-vissza áramlás, mely elsősorban az évszakokhoz kötődik, állandó mozgásban tartja a folyóból érkező (viszonylag alacsonyabb sótartalmú) vizeket és a feltört bányaterületekről lassú áramlásaal érkező, magasabb sótartalmú talajvizet. Árvíz idején a Tisza vizei veszélyeztetik/fenyegetik a bányaterületet (ezért épült meg az 1930-as években a „Cseh” gát, mely ma mr teljes felújítást igényel), míg alacsony vízállás estén (ha lassan is) sós talajvíz terheli a Tiszát (a Tiszába vezetett használt sós tavi vizek mellett a nyáron, alacsony vízállás mellett nagyobb terhelést jelentenek a Tiszára), ezért a nátriumion koncentráció ezért a nyári mintákban megnő a nátriumion koncentráció.

A Glod patak (F 16 vízkémiai mérőpont) kiemelkedő szerepét a Tisza sóterhelésében már elmítettük. A Glod Izvor vízfolyáson keresztül a Tisza közvetlen sóterhelést mutat a Tiszába.

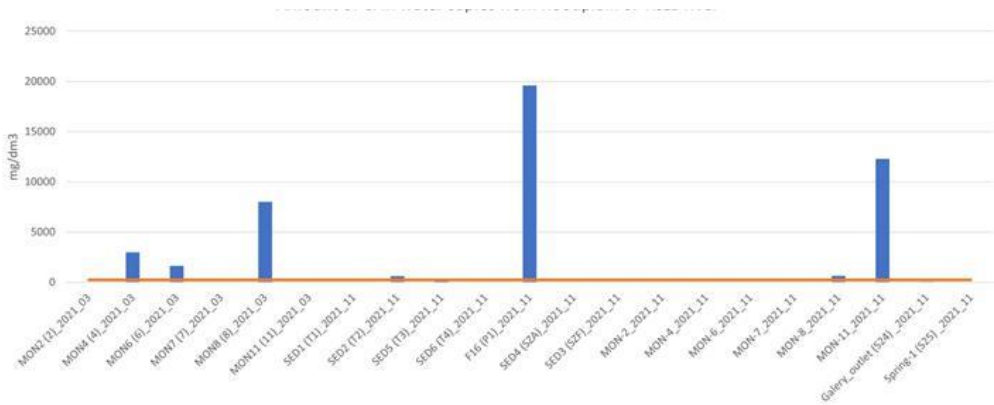
Ugyanakkor a MON 4, 6, 8 és 11 piezométeres kutak a felszínközeli sós talajvíz áramlását mutatják (40. ábra). A sós talajvíz fő irányát a Tisza felé a MON 11-es kút mutatja (41. ábra). Vagyis a bányaterületről a sós talajvíz áramlásának fő iránya K-NY-i irányú. Ez fontos megállapítás, mely alátámasztja a talajvíz áramlási térképét (lásd 40. és 41. ábra).



40 ábra A kék körök a jellemzően magasabb sóterhetésű megfigyelési pontokat mutatják- az F16 pont a Glod patak. *(Geogold Ltd)*



41 ábra A MON-11 piezométer kút EC értékeinek éves változása (2021 június-2022 május) *(Geogold Ltd)*



42 ábra

A Tisza ártere mentén mért Cl-koncentrációk *(Geogold Ltd)*

A folyó nagy áradásai során a víz a sótest felé szivárog, és súlyos károkat okoz, ahol a vízszigetelő rétegek hiányoznak. Ilyen esetek történtek 1998-ban, 2001-ben és 2007-ben, tovább rombolva a már megtámadott és lerombolt bányaterületet.

A 2021.06-2022.05. közötti nyomáshullámvizsgákati eredményekből arra lehet következtetni, hogy a Tisza mentén az üledékben tárolt felszín alatti víz a Tiszával van kapcsolatban, még akkor is, ha az adott megfigyelési ponton mért vízszint mgasabb, mint a Tisza legközelebbi pontja.

Ennek oka az lehet, hogy a Tisza felsőbb és egyben magasabban fekvő szakaszain a parti üledékbe beszivárgott víz a folyó mentén K-NY-i irányban áramlik és a nyomáshullám terjedése a nagyobb magasságokban is megjelenik.

Máramarosszigeten is voltak minőségi mérések. A PSS-78 besorolás szerint az összes vizsgált vízminta sótartalma 0,5 ppt-nél kisebb, így a Máramasosziget környéki vizsgált vizek a teljes vizsgálati időszakban teljesen édesvíznek minősülnek. A projektidőszak alatt elvégzett sótartalom vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy Máramarossziget és környéke nem érintett a közeli Szlatina sókupolából származó sószennyezés által.

3.5 Az alkalmazott UX-robot technológia eredményei

Az UX-1Neo búvárrobot segítségével az UNEXMIN Georobotics Kft. 3D térképeket készít, nagy felbontású videófevételeket készít a szlatinai bányaterületen és kiértékeli a merülések eredményeit. Továbbá, a rbobt vízmintavételt és vízparaméter méréseket (elektromos veeztőképesség, ph, oxigénfugacitás, hőmérséklet, nyomás) végzett. A munka fő várt eredménye a Szlatina település alatti potenciális felszín alatti víznyelők jobb megértése és a helyi felszín alatti vízáramlási rendszer modellezéséhez szükséges információk kiegészítése volt.

Az UX-1Neo búvárrobot (**43. ábra**) összesen hat kamerát tartalmaz, melyek a látható tartományban (RGB képek) rögzítenek képeket. Ezek a kamerák lézeres szkennelések (SLS) rögzítésére is szolgálnak. A látható tartománytól való függésük miatt az SLS rendszerek érzékenyek a víz tisztaságára. Az olyan akadályok, mint az úszók, tárgyak éa a víz zavarossága csökkentik a teljesítményt. Más tényezők, mint például a sótartalom, nem befolyásolják a minőséget.

43 ábra. Az UX-1Neo robot a 9-es szellőzőakna bejáratánál

Ezenkívül a Multibeam szonárrendszer (M3) és két pásztázó szonár hanghullámokból pontfelhőket állít elő. A kalibráláshoz a hang vízben való terjedési sebességét használják. Eztért érzékeny a víz eltérő összetételéből adódó nagy hangterjedési változásokra. A szonráok által gyűjtött adaokat kevéssé befolyásolják az apró akadályok, például a vízben úszó részecskék.

Az UX-1Neo fedélzeti nyomásérzékelővel van felszerelve a mélységbecsléshez. Az 1 bár nyomásnövekedés 10 m mélységnövekedésnek felel meg. Meg kell azonban jegyezni, hogy ezek az értékek édesvízre vonatkoznak. Telített oldatok esetében a mélységbecslések némileg pontatlanok leehtnek az oldat nagyobb sűrűsége és ezért magasabb nyomás miatt. Ezek a hibák telített vizes környezetben 10%-os nagyságrendűek lehetnek.

Az első küldetések során világossá vált, hogy a víz sótartalma drámaian változik a mélységgel. A nagy sótartalom változása nagymértékben megváltoztatja a víz alatti eszközök, köztük az UX-1Neo robot telejsítményét. A víz alatti járműveket gondosan kalibrálják a környezethez, melyben dolgoznak, figyelembe véve a felhajtóerőt és az érzékelőket. A 9-es szellőzőaknában a kb. 60 m-es maximális mélységet jelentett. Ennek oka, hogy bár a robotot terepi körülmények között a sósvíz környezetéhet lehet igazítani, a beépített több mint 20 kb-os többletsúly miatt édesvízben nem lehet a robotot mozgatni, így az aknában lévő akadályok mellett nem lehet manőverezni.

A 10-es aknában további 20 kb súlyra volt szükség ahhoz, hogy a robot a magas sótartalmú zónákban is működhessen. Mivel a merülési útvonalban kisebb akadályok nehezítették a merülést, a súlyozott robot leeresztését az akna tetjén lévő edesvízben külön meg kellett oldani, amihez egy speciális robotvezérlésű ketrec építésére volt szükség. Habár az édesvízi környezetben a robot gyors süllyedésének lassítása és a technológiai cédelme érdekében egy speciális ketrecet építettek, mely lehetővé teszi, hogy a robot a maximális 47,5 bar nyomástartományig (ebben az esetben 435 m mélységig) minden elérhető területet felderítsen.

3.5.1. A merülések eredményei

A két aknában összesen tizennégy merülést hajtottak végre, hármat a 9-es szellőzőaknában és tizenegyet a 10-es aknában. Összesen több mint 2 millió fényképet, 6 TB veideófelvételt és 400 GB egyéb szenzoradatot rögzítettek. A merülések során 8 vízmintát gyűjtöttek a 10-es aknában, és folyamatos vízparaméter méréseket végeztek az akna teljes hosszában és a -80 m-es szinten lévő oldalsó átjáróban. Az aknákban lévő elzáródások miatt csak az ember alkotta szerkezetek voltak láthatók, így nem került sor a geológiai és ásványtani felhasználás multispektrális méréseinek rögzítésére.

44 ábra – 9-es akna 3D modellje

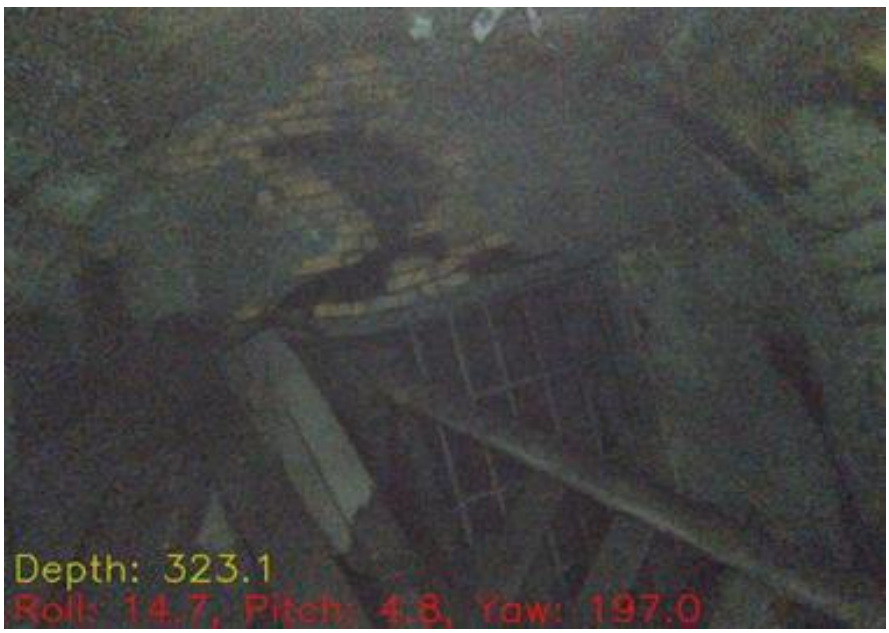
Összesen három különböző időpontban végeztek merüléseket a 10-es aknában: 2021 júniusában, 2021 novemberében és 2021 december elején 138

A júniusi merülések során a víz zavaros és átláthatatlan volt a felszínhez közeli 80 m-es mélységig, ami megnehezítette a navigációt. Az aknát 315 m mélységig tudtuk feltárni, és a különböző vízparamétereket egészen az akna aljáig, 506 m mélységig tudtuk mérni egy külön robotegység segítségével.

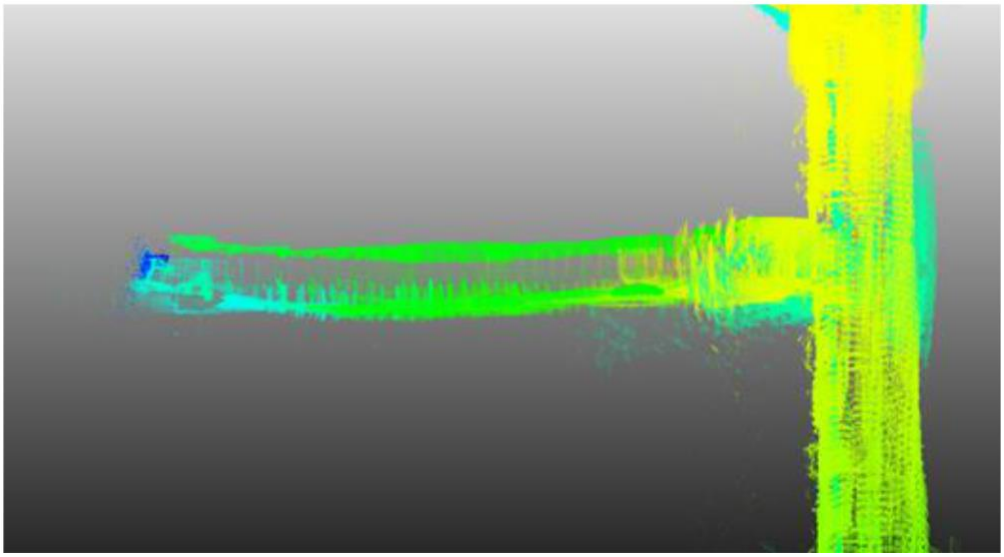
A júniusi merülések során 306 m mélyésgben egy oldalsó bejáratot fedezték fel, de ezt rács, fal és törmelék rárta el. (**45. ábra**).

November folyamán az aknát 435 m méységig (47,5 bar) térképezték fel, ami a robot merülési mélységének elméleti végpontja. Összesen 3 szint van, melyek közül csak a 366 m-es szint van nyitva az aknából.

December elején a robot az oldalsó átjáró feltérképezése során 55 m-ig jutott, de az átjáró el volt zárva (**46. ábra**), így nem lehetett folytatni a robottal. A robot felvételei alaopján az oldaljárat első 55 méterét beton borítja, falai sértetlenek és a fémkeret nem tűnik korrosáltnak (**47. ábra**)



45 ábra A 306 m hoszzú oldalsó járat bejárata a 10-es aknában van. A képen látható mélység a víz sűrűségének különbsége miatt eltér a tényleges mélységtől.



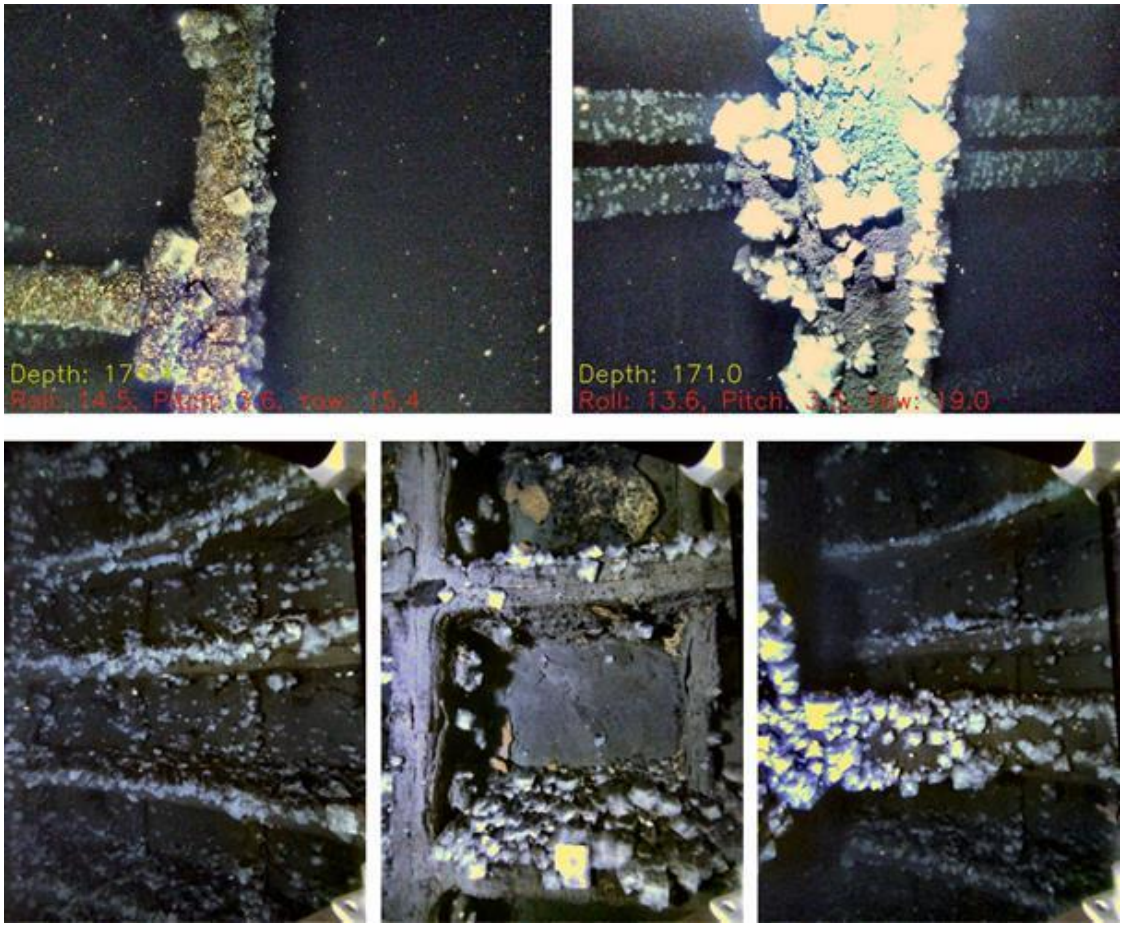
46 ábra A 10. akna 366 m mélységben lévő, a bejárattól 55 m-re elzárt oldalsó járatának 3D képe.

47 ábra – Az oldalsó átjáró vizuális képe 366 m magasságban. 1. A bejárat elülső kameraképe, 2. A betonbejárat elülső kameraképe; 3. A bejárat betonoldalának oldalsó kameraképe; 4. Az akna és a biztonsági ketres oldalsó kameraképe; 5. Oldalsó kamerakép

A 10-es akna mindhárom bejárata fölött, ~10 m-rel a bejárat fölött, egy kb. 3 m-es szolgálati üreg található.

2021 júniusában a 10-es akna felső 30-40 méteres szakaszán a víz zavaros és szinte teljesen áttetsző volt. A robotkamerák számára a látótávolság csak 25-30 csm volt. A~40 m mélységben a víz szinte teljesen tiszta volt, csak a vízben úszó apró üledékek zavarták a kilátást. Ez valószínűleg az akna teljes lefedettségének és annak köszönhető, hogy a víztest hónapok óta háborítatlan maradt.

2021 júniusában a 10. akna átmeneti zónájában, a 135-145 m-es mélységtartományban megnövekedett lebegő részecskeszámot figyeltek meg a vízben, ami a sűrű sós víztest felett felhalmozódó megzavart felszínről származó üldeéknek tudható be. Az ekkor készült felvételek vizuális értékelése a rossz látási viszonyok miatt szinte lehetetlen. A 2021 novemberében és decemberében készült felvételeken ez a jelenség már nem látható, ami szintén az aknatető lezárásának és annak köszönhető, hogy a felhalmozósorr részecskék az eltelt hónapok alatt sikeresen leülepedtek az akna aljára.



48 ábra – Az akna falán megfigyelt sókristályok

3.5.2. A 9-es és a 10-es szellőzőakna szerkezeti állapota

A bánya egészének állapotáról szerkezeti szempontból kevés következtetést lehet levonni, mivel korlátozott adatok állnak rendekezésre. Mindkét akna szerkezetileg jónak tűnik. Ugyanez nem mondható el az oldalalagutakról és az azon túliakról.

A fényképek az alagút bejáratáról 306 m mélységben azt mutatják, hogy az épített környezet-a betonburkolat kivételével- rossz szerkezeti állapotban van. A kapu és a felette lévő fal szerkezetileg instabil. A 366 méteren lévő 55 m hosszú megközelíthető oldalsó átjáró stabil állapotban van, de az elzáródás eredete ismeretlen. A szonárfelvételek egyértelműen azt mutatják, hogy az átjáró oldalfala stabil az elzáródás után, de a burkolat állapotára nem lehet egyértelműen következtetni az adatokból. Feltételezhető, hogy a 10-es akna irányába a vízbetörés után áramló törmelék akadályt képez az aknában, de a dugulást okozhatta a fedél beomlása is. Habár az összegyűjtött adatokból nem világos, hogy ez milyen mértékben befolyásolja az aknában lejjebb lévő sóüregek állapotát.

A 145 m mélység alatt emgfigyelt telített sós víztestben sókristályok képződése figyelehető meg az akna falán és a fémgerendákon az aknában 158 m mélységben.

A 145 m-en kezdődő haloklin ellenére a 158 m-en megfigyelt intenzív kristályosodás (39. ábra) a szezonális haloklin változásnak tudható be, mely 2021 júniusa és decembere között nem volt megfigyelhető. A legvalószínűbb magyarázat az, hogy a haloklin szintje időről időre változik, de soha nem mélyebb, mint 158 m. így az e szint felett képződött sókristályok újra feloldódnak, amikoe az édesvízi rendszer csökkenti a haloklin szintjét.

A 9-es és 10-es szellőzőakna nagyjából azonos magasságában helyezkedik el a felszínen, a telített sós víz a 9-es szellőzőaknában ~60 m mélységben, a 10-es aknában pedig 140 m mélységben kezdődik. így a két akna között 1-1,5 bar nyomáskülönbség van. Ez az érték korlátozott áteresztőképességet feltételez a két akna között, ami részben az oldalsó járatokban megfigyelt eltömődések is bizonyítanak.

Mindkét akna szerkezetileg jónak tűnik, de ugyanez nem mondható el az oldalalagutakról és azon túlról.

3.6. Hidrogeológiaia/hidrodinamikai modellezés

3.6.1. A szlatinai kősó lelőhely előzetes hidrodinamikai modellje

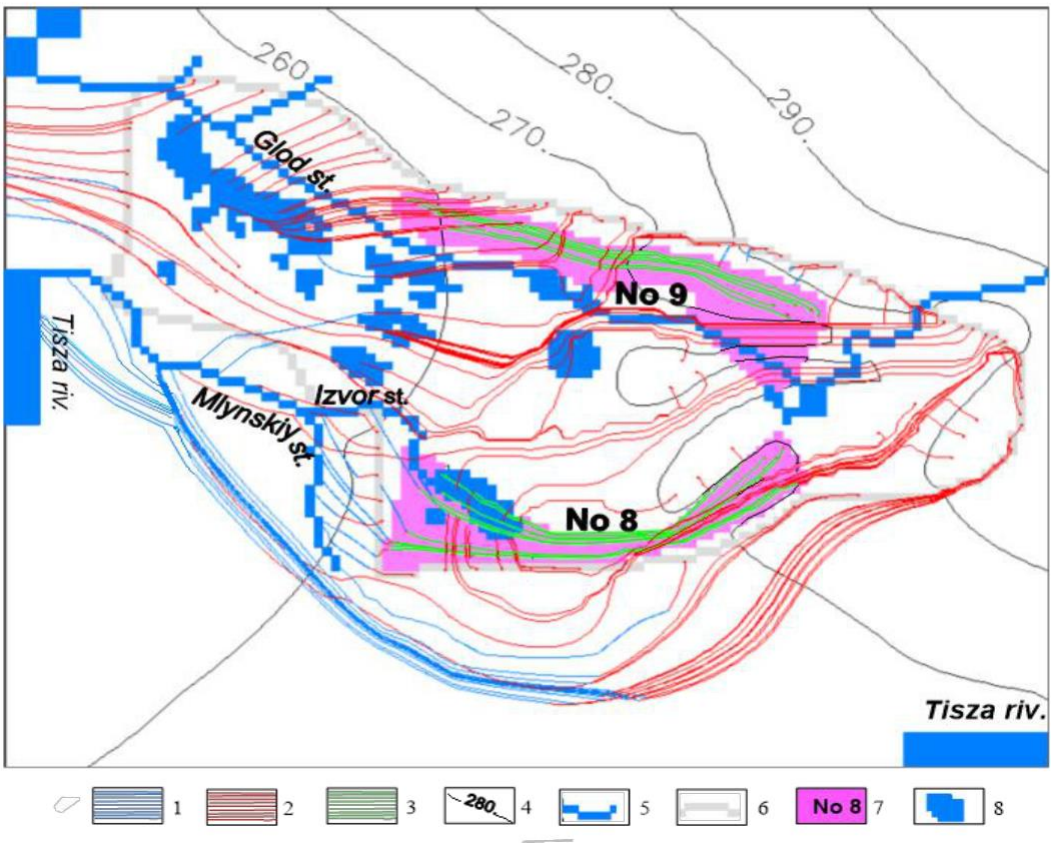
Az első szalaszban elkészült a szlatinai kősó lelőhely előzetes hidrodinamikai modellje. A szlatinai lelőhely bányaaknáiban a só kimosódása miatt beáramló víz előfordulásának és növekedésének, a sűrű négyrétegű agyagréteg alatti, részben lepusztult karsztvízréteg kialakulásának és fejlődésének modellezési eredményeit figyelembe vették és általánosították.

Sok évvel a só ipari fejlesztése előtt ez a négyrétegű agyag megbízhatóan megvédte a szlatinai lelőhely sókupolájának épségét a négyrétegű víztartókomplexum friss földalatti vizei által okozott pusztulástól. A só édesvízzel történő kimosódása miatt, elsősorban a négyrétegű agyagréteg alatti diszkontinuus tektonikus zavarok maradványainak hálózatában, karzstos üregek alakultak ki, melyek egy része felett idővel karsztos tölcsérek kialakulásával karsztos üregek omlottak össze, melyek a négyrétegű alluviális komplexumból származó édesvíz hatékony vezetőivé váltak a tordoni karsztvíztározóban.

A vizsgált terület (a szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos terület a szlatinai településen belül) eredeti archív adatai (geológiai, geofizikai, hidrogeológiai) szolgáltak a hidrogeológiai modellezéshez szükséges természeti feltételek sematizálásának fő kiindulási adatfottásaként. A szlatinai sókupola szerkezetének korábban az IGS NASU-nál kifejlesztett integrált geológiai modelljének elemeit használták előzetes geológiai információként. (*Shehunova et al., 2015*).

Az épített hidrodinamikai modell a következőket tartalmazza:

- A vizsgált területen található négyrétegű víztartó komplexum üledéktranszmisszivitásának modellsémája (2000-től);
- A tortoni víztartó rétegkomplexum transzmisszivitásának modellsémája a szlatinai sólelőhely területén;
- A szlatinai lelőhely bányái feletti sűrű sóréteg fajlagos szivárgás áteresztő képességének modellsémája 2000 elején;
- A tortoni (karszt) víztartó réteg talajvízmozgásának általános útjai a szlatinai kősó lelőhely 3D terében a 8-as és 9-es bányák elárasztása után a hidraulikus gradiens hatására (49. ábra).



49 ábra. A karsztvíztározó talajvízmozgásának általános módja a szlatinai sólerakó háromdimenziós térben a 8-as és 9-es bányák elárasztása után a hidraulikus grádiens hatására: 1- áramlási vonalak a négyrétegű víztartó rétegben, 2-áramlási vonalak a tordoni víztartó rétegben; 3- áramlási vonalak a 8-as és 9-es bányák elárasztása földalatti kamráiban; 4- izopiesta sótelep kupolájának hagyományos határa; 7- a 8-as bánya területe; 8- sós tavak, valamint nagy mai és ősi átbukó karszttölcsérek *(Stetsenko B.D., Shekhunova S.B., V.M. Shestopalov, Yu.F. Rudenko, Stadnichenko, S.M. (2021) A szlatinai kősó lelőhely hidrogeológiai problémái és azok modellezéssel történő vizsgálata (Ukrajan). Az aukrajnai NAS Földtani Tudományos Intézet Tudományos Munkáinak Gyűjteménye*
14 (2). DOI: https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245937)

A négyrétegű és a toroniai víztartó rétegek vímérlegének számítása azt mutatja, hogy az utóbbiak jelentősége a szlatinai lelőhely bányáiba befolyó vízmennyiség kialakulásában, különösen annak befejezzése idején, amikor a bányászok ellenállásával ellentétben a vízbefolyá a mező biztonságos üzemeltetéséhez túlságosan nagy lett. A lelőhely kitermelésének befejezésével és a bányászati műveletek elárasztásával a szlatinai lelőhely problémái nem szűntek meg, mivel a só kimosódásának folyamata folytatódik mind a természetes (törések), mind az ember által létrehozott kedvező feltételek miatt, melyek az édesvíznek a sótömeggel való érintkezéséhez szükségesek.

Meg kell jegyezni, hogy a szlatinai lelőhely modelljének hidrodinamikai paramétereire vonatkozó, korábbi tanulmányok szerint kapott sémák nem csak közelítőek, hanem elavultak is, tekintettel arra, hogy a szlatinai lelőhelyen a sóbányászat megszöntetését követő 10 éves időszak alatt a hidrogeológiai feltételek itt észrevehetően megváltoztak a sólelőhely további pusztulása felé a kioldódási folymanatok révén.

A kapott hidrodinamikai modellezési eredmények alapján lehetőség van a következő részletek mélyreható kidolgozására: frissített geológiai adatok (a kőzetek litológiai összetétele, a sótestet borító üledékek vastagsága, az anomáliás migráció makroszintű útvonalaink (tektonikus zavarok) jelenléte).

így, figyelembe véve a vizsgált terület nehéz vízháztartását, ajánlott figyelembe venni minden lehetésges tektonikus zavart, mely a földalatti víz (sósvíz) víztartó rétegek közötti áramlásának módja lehet.

3.6.2. A szlatinai kősó lelőhely épített hidrodinamikai modelljének javítása GIS segítségével

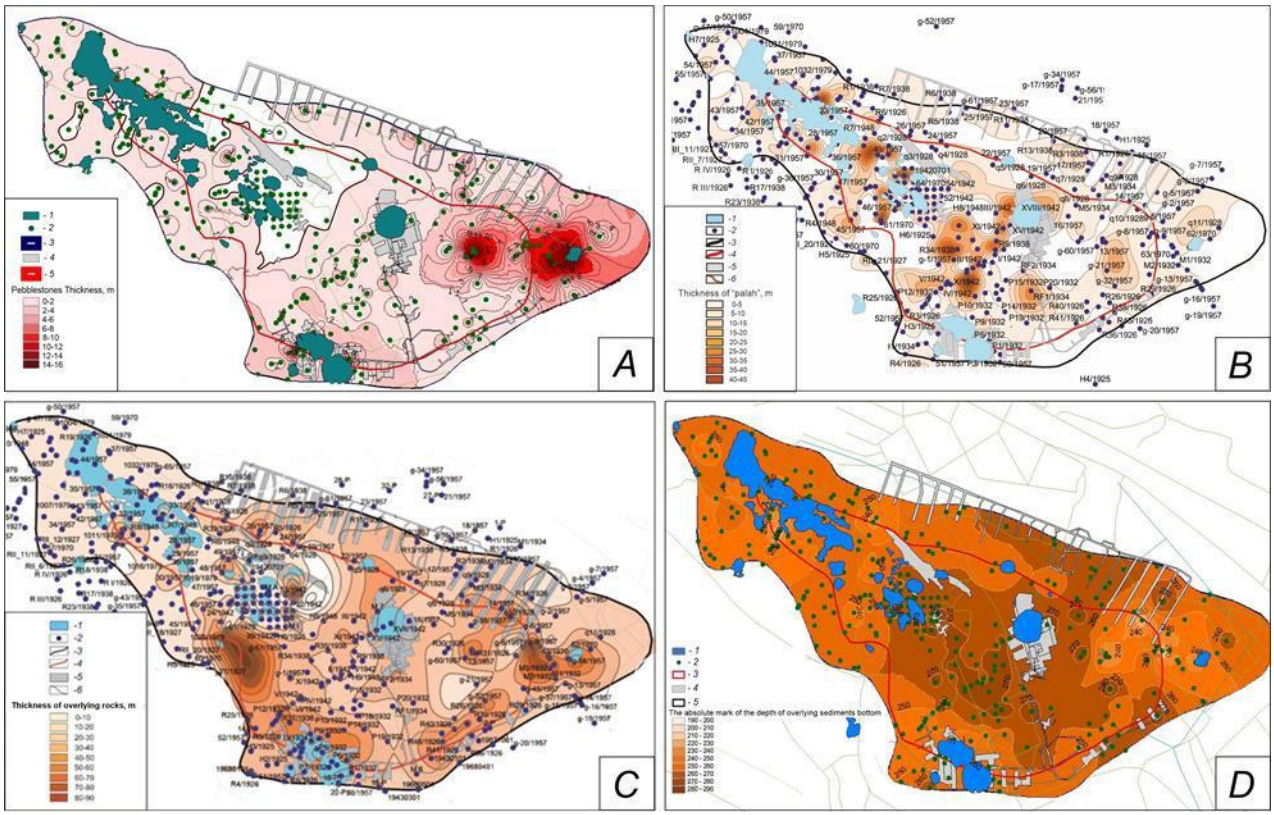
3.6.2.1. A szlatinai sókupola szerkezetének részletes modellje az üledékek fölött

A felszín alatti vízcsere rendszer integrált földtani alapmodelljénke és hidrodinamikai modelljének javítása érdekében elvégezték az 1922 ls 1982 közötti időszakban a szlatinai kősó lelőhelyen fúrt 395 kút négyrétegő üledékek földtani szelvényeinek erdeti archív adatainak feldolgozását és elemzését.

A szlatinai kősó lelőhelyen belüli veszélyes geológiai folyamatok fejlődésének környezeti állapotfelmérése és későbbi nyomon követése céljából a sókupola szerkezetének integrált litológiai modelljét hozták létre. A modell a sókupolátr fedő üledékes képződmény határainak és vastagságának konzisztens matematikai modelljeit tartalmazza, melyeket GIS technológiák segítségével építettek fel az egyes pontok (kutak) értékei alapján, beleértve a következőket:

- A köves-kavicsos kőzetek vastagságának modellje a szlatinai sókupolaszerkezet felett (50. ábra A);
- A „palah” vastagságának modellje a szlatinai sókupolaszerkezet felett (50. ábra B);

- A szlatinai sókupolaszerkezet feletti fedő küzetek teljes vastagságának modellje (50. ábra C);
- A négyrétegű üledékek (palah és kavics) fenékfelszínének modellje (50. ábra D).



50 ábra. A sókupolaszerkezetet fedő üledékes képződmény határainak és vastagságának modelljei: A- a köves-kavicsos kőzetek vastagságának modellje; B- a „palah" vastagságának modellje; C- a szlatinai sókupolaszerkezet feletti fedő kőzetek teljes vastagságának modellje; D- a négyrétegű üledékek (palah és kavics) modellje alsó felszín. Jelmagyarázat: 1-víztestek; 2-kutak; 3- sókupola kontúrja a 0 m-es abszolút jelnél; 5-utak; 6-bányák
(Shekhunova, S.B., Siumar, N.P., Aleksieienkova, M.V., Stadnichenko, S.M. (2021) A azlatinai sódóm szerkezet szuprasóskomplexumának litológiai modellje. Az Ukrajnai NAS Földtani Tudományos Intézet Tudományos Munkáinak Gyűjteménye, 14 (2). DOI: https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245822)

A hidrodinamikai modell finomításához, a karszt előrejelzéséhez és a megfiyelőfúrások helyes elhelyezéséhez szükséges e tektonikai elemek és a feletti lerakódások vastagságának, litológiai összetételének figyelembevétele az integrációs geológiai modellben.

3.6.2.2. A szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos területek korszerűsített hidrodinamikai modellje

A szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos területek korszerűsített és továbbfejlesztett hidrodinamikai modelljét a szlatinai sódóm szerkezet szuprasalin lerakódásainak finomított szűrési paraméterei és egy frissített adatbázis alapján hozták létre, mely lehetővé tette a talajvíz áramlási irányának és sebességének időbeli előrejelzését.

A vizsgált objektum hidrogeológiai modelljét a kutatási terület földtani szerkezetésnek és hidrogeológiai viszonyainak sajátosságaira vonatkozó új anyagok, valamint a felszín alatti víz megfigyelésére (2020 júniusa-2022 májusa) vonatkozó, az UM által szolgáltaott kezdeti adatok alapján javították. A természete és antropogén körülményeknek való funkcionális megfelelését igazolták. A további kutatásokhoz szükséges adatbázis jelentősen bővült. Meghatározták a talajvíz mozgásának irányát és időbeli sebességét.

A vizsgált területen belüli természeti viszonyok sematizálásának fő kiindulási adatforrása a korábban végzett előzetes modell kiindulási adatai (Shestopalov et al., 2008), valamint a Szlatinai szerkezet integrált geológiai modelljének adatbézisa Shekhunova et al., 2015, 2021) volt. A szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos területek előzetes hidrodinamikai modelljének részletes elemzése alapján (Stetsenko et al., 2021), meghatározták annak pontosításra és finomításea szoruló elemeit. A MODFLOW szoftverkomplexumot a ModelMuse grafikus borítékkel együtt használták a szlatinai lelőhely területének geofiltrációs modelljének létrehozása, mely a felszín alatti víz szűrésének és migrációjának modellezésére szolgáló rendszer.

Először is az eredeti geológiai adatok és a Szlatinai szerkzet integrált geológiai modelljének (Shekhunova et al, 2015) elemzése alapján felépítettük a vizsgált terület koncepcionális modelljét. A természeti viszonoyk sematizálásának eredményei a vizsgált területen belül a következő víztartó rétegeket és geológiai képződményeket vették figyelembe:

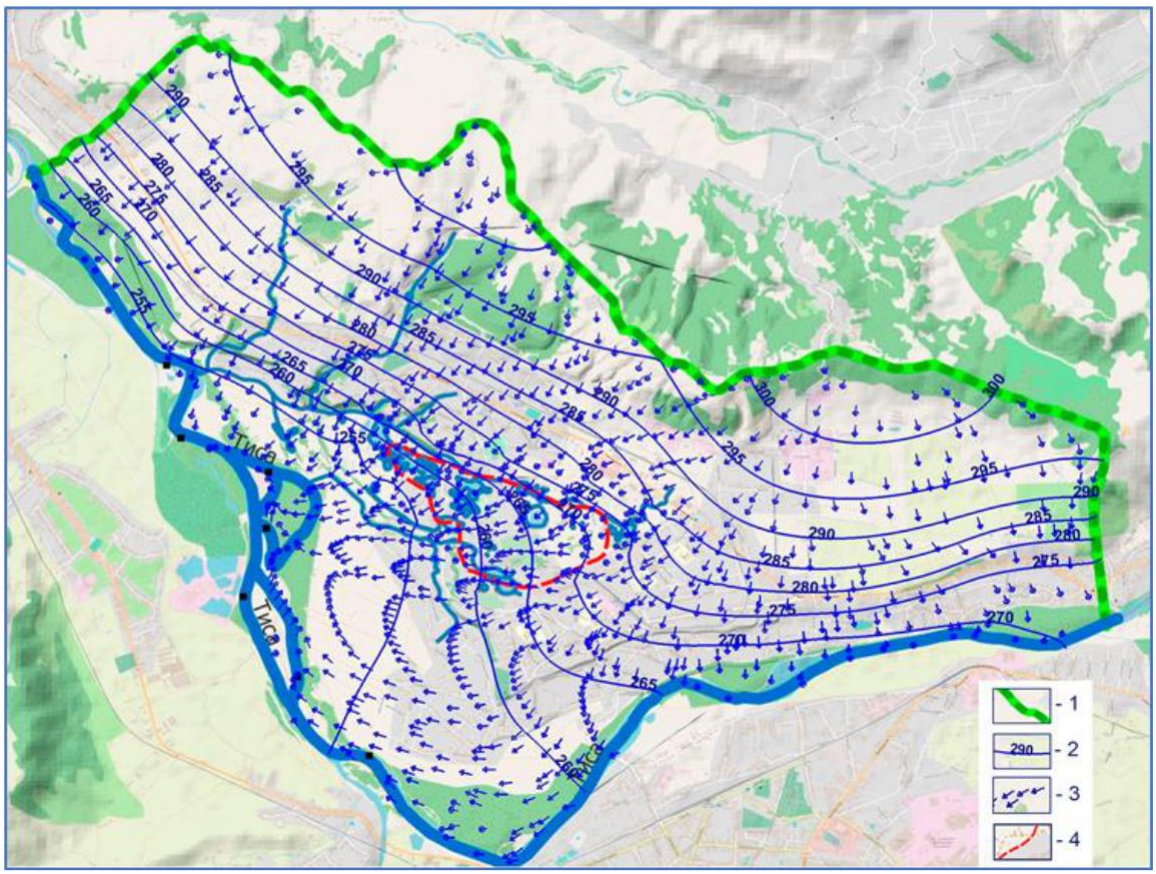
- A Tisza árterének négyrétegű üledékeiből és áradás feletti terazsokból álló víztartó réteg, melyet különböző sziklás-kavicsos üledékek képviselnek, a szűrési együtthatók értékeinek különböző zónáival.
- A négyrétegű lerakódások és a sókupolaszerkezet területei közötti elválasztó réteg, melyet sötétszürke agyag „palah” képvisel;

- Víztartó réteg a sókupolaszerkezet karsztmezőiben az alluviális lerakódások alatt (a kősót hidraulikus „ablakokkal” ellátott „palah” borítja);
- Tortoni víztartó rétegek töredezett argillit, homokkő, tufa rétegekben (Szlatinai barlang);
- Túlnyomórészt vízzáró litológiai egység- sókupola (világosszürke és szörke kősó, Talabori barlang)

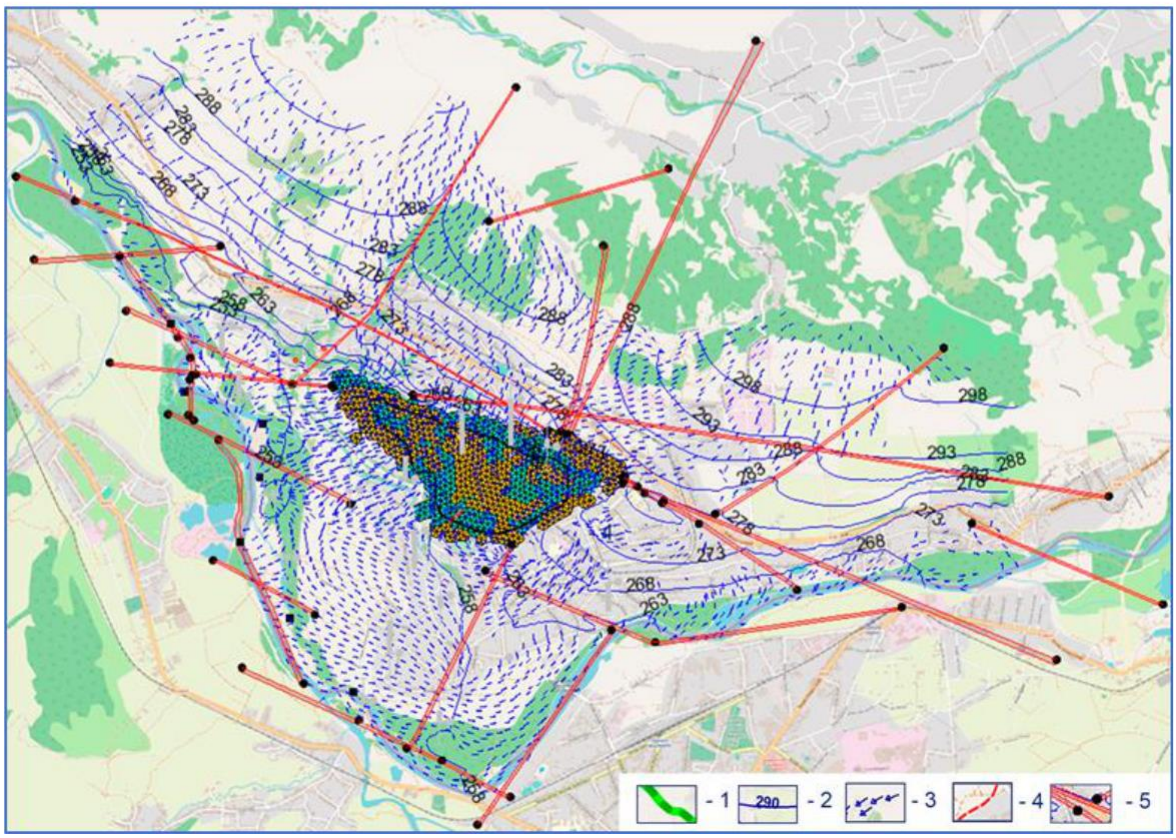
A modell kontúrjának és peremfeltételeinek igazolásához digitális terepmodell segítségével vízgyűjtővonalakat építettek. A modell határait elsősorban a Magura hegység gerincének vízgyűjtője és a Tisza folyó kontúrja mentén választottuk ki. Ez eltérést jelent a szlatinai lelőhely korábbi midelljétől, mely a Tisza-Apszis közi hegylánc nagyobb területére terjedt ki. A számítási rácsot a kiválasztott kontúron belül hoztuk létre. A modellterüet 24,6 km2. A számítási blokkok mérete a modell körül 50 m-től 25 m-ig változik a folyók és a sódiapírral szomszédos terület közelítésére, melyek részletesebb vizsgálatot igényelnek.

A sós vizek lehetséges terjedésének és a talajvíz minőségére gyakorolt hatásuknak a sóakna meleltti területen rötténő mérlegelése érdekében számításokat végeztek az inert szennyezőanyag áramlási vonalaira vonatkozóan a különböző rangú tektonikus zavarok figyelembevételével és anélkül.

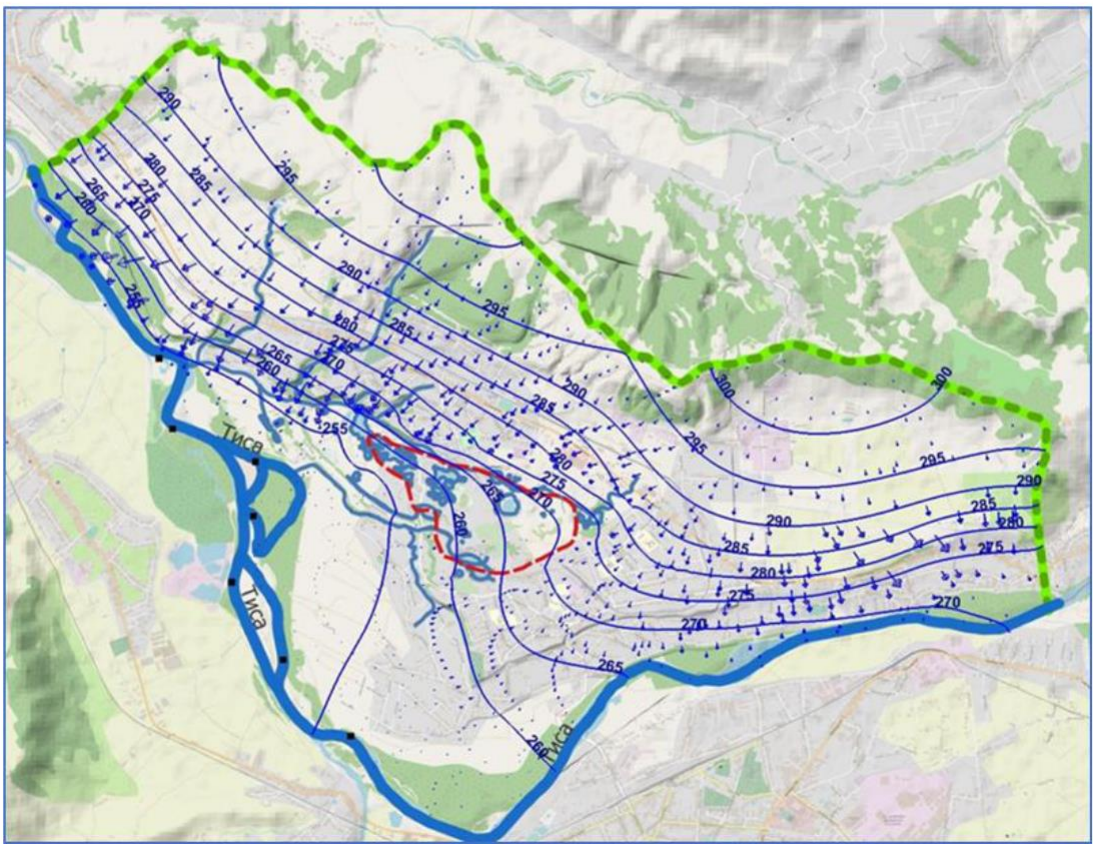
A szoftver grafikus felülete lehetővé teszi a sebességvektorok, a talajvíznyomás izolált vonalai, az áramlási vonalak megjelenítését bármely becsült időre, a képek mentését térképek formájában további fehasználására (51. ábra, 53. ábra). A modellben a tektonikus zavarok figyelembevétele céljából, melyeket a modellben úgy állítottunk be, hogy a hidraulikus vezetőképességet a töréses víztartó rétegben 1m/napra emeltük a tektonikus töréseknek megfelelő keskeny zónákban. A számítások azt mutatták, hogy az ilyen zónák jelenléte a modellen jelentős hatással van a számított hidraulikus magasságok eloszlására, még a négyrétegű üledékek felső víztartó rétegében is. A modell talajvíz áramlási vonalainak deformációja a törészónák területén a vízcsere növekedését jelzi (52. ábra, 54. ábra). Ez felgyorsíthatja és fokozhatja a sós víz terjedését a víztartó rétegekben.



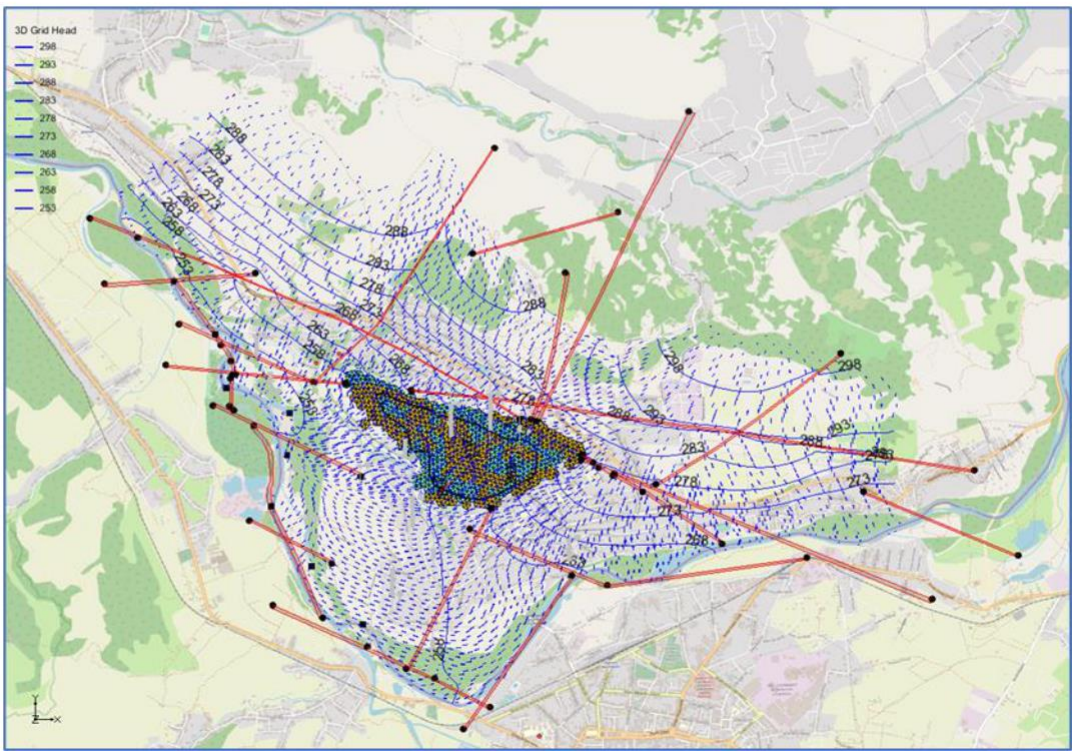
51 ábra. A négyrétegű felszín alatti víztartó réteg vizualizációjának talajvízszintje és tényleges áramlási sebességvektorai a modellezési eredmények szerint (a tektonikus zavarok fiyelembevétele nélkül), Jelmagyarázat: 1- vízgyűjtő; 2- felszín alatti vízszintkülönbségek; 3- tényelges áramlási sebességvektorok; 4- sókupolaszerkezet kontúrja az alluviális üledékek felszínén



52 ábra. A négyrétegű felszín alatti vízadó réteg cizualizációjának talajvízszintje és tényleges áramlási sebességvektorai a modellezési eredmények szerint (a különböző rangú tektonikus zavarok figyelembevételével). Jelmagyarázat: 1- vízgyűjtő terület; 2- talajvízszint izolált vonalak; 3- tényleges áramlási sbesség vektorok; 4- sókupolaszerkezet kontúrja az alluviális üledékek felszínén; 5- tektonikai zavarok (törések)

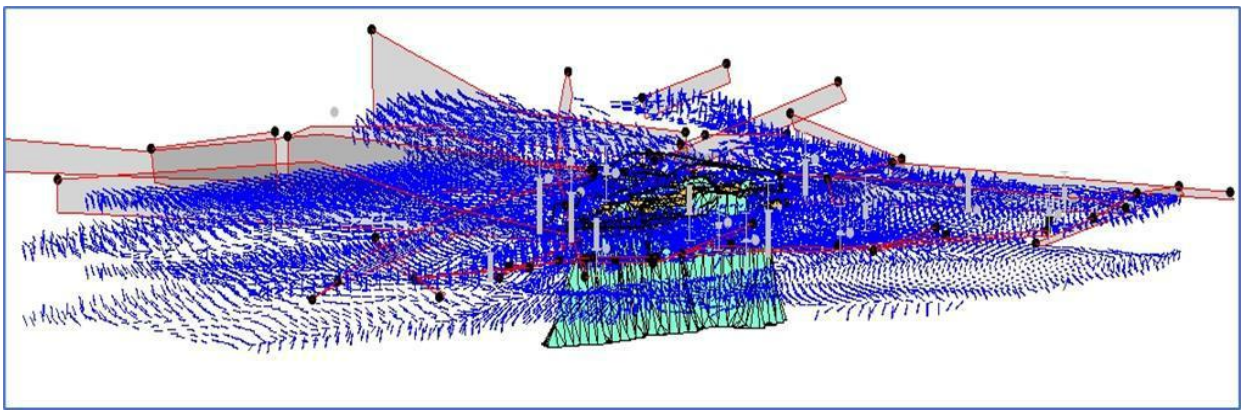


53 ábra. A trodoni víztartó réteg talajvízszintje és a tényleges áramlási sebesség vektorai a modellezési eredmények szerint (a különböző szintű tektonikus zavarok figyelembevétele nélkül).



54 ábra. A tordoni víztartó talajvízszint vonalai és a tényleges áramlási sebesség vektoriai a modelelzés eredményei szerint (a különböző szintű tektonikus zavarok figyelembevételével)

A hidrodinamikai modell sematikus háromdimenziós ábrázolása- a sókupolaszerkezet és a két víztartó réteg (négyrétegű és tordoni) térbeli kapcsoalta a talajvízáramlás tényleges sebességvektorinak formájában és a vizsgált területen belüli tektonikus zavarok tükröződésével. (55. ábra).



55 ábra. A negyedidőszaki ér tortoniai sókupolaszerkezet és tektonikus zavarokkal rendelkező víztartó rétegek felszín alatti vízáramlásának tényleges sebességvektorainak háromdimenziós hidrodinamikai modelljének töredékei

Következtetések

- **A szlatinai kősó lelőhely és a szomszédos területek korszerűsített hidrodinamikai modelljét dolgozátk ki, mely a három víztartó rétegre vonatkozó információkat tartalmazza a frissített geológiai adatbázis alapján (a sókupola felszínének részletes geológiai szerkezete és a szuprasó lelőhelyek litológiája), figyelembe véve a tektonikai zavarokat (törések).**
- **A tektonikus zavarok (törések) figyelembevételét célzó modellezési számítások a modellben kimutatták a modell talajvíz áramlási vonalainak deformációját, ami a vízcsere növekedését jelzi a törésövezetek zetületén. Ez felgyorsíthatja és fokozhatja a sós víz terjedését a víztartó rétegekben.**
- **Annak ellenőrzése, hogy a létrehozott matematikai modell megfelel-e a kutatási objektum természetes hidrogeológiai viszonyainak, számos inverz feladatot oldottak meg. Ennek eredményeként megállapították, hogy a modellben leképzett hidrodinamikai helyzet kellő valószínűséggel tükrözi a természetes viszonyokat, így a kapott modell gyakorlati problémák megoldására is használható.**
- **A modell fő jellemzője a réteg tulajdonság áramlás (LPF) számítási egység használata, melynek köszönhetően a szűrési probléma valóban háromdimenziós környezetben, ahogyan azt a korábbi tanulmányokban megvalósították. Ez határozza meg a legpontosabban, amennyire a rndelkezésre álló kiindulási adatok lehetővé tették, a számított rétegek geometriájának megjelenítését (a víztartó rétegek tetejének és aljának abszolút jelölései és a különálló vízzáró rétegek). A létrehozott modell megfelelő valószínűséggel lehetővé teszi a talajvíz mozgási irányának és tényleges sebességének időbeni előrejelzését.**
- **A létrehozott modernizált hidrodinamikai modellt lehet használni, mint egy alapot az épület későbbi migrációs modellek tömegátvitel a felszín alatti vízben egy részletesebb tanulmány a probléma a szikesedés a víztartó rétegek és azok kölcsönhatása a sós kőzet a szlatinai kősó lerakódás.**
- **A létrehozott hidrodinamikai modell, mely öt rétegre (geológiai egységekre, képződményekre) vonatkozó információkat tartalmaz, a sebességvektorok térképeivel, a talajvízszint izolált vonalaival, két víztartó rétegre (negyedidőszaki és tortoni) vonatkozó áramlási vonalakkal, a különböző szintű tektonikus zavarok figyelembevételébvel és anélkül, ami lehetővé tette a hidrológiai és hidrogeológiai**

megfigyelési pontok hálózatának meghatározását, mely optimálisan szükséges az informatív és megbízható megfigyeléshez (részletesen a 3.9. alfejezetben).

- **A vízminőség változásainak nyomon követése a bányászat utáni területen belül nagyon fontos a vízkészletek védelme szempontjából. A bányászat utáni terület működésének környezetvédelmi irányításához elengedhetetlen egy átgofó vízminőség ellenőrzési rendszer. Ez lehetővé teszi a vízminőség teljesítmény értékelését. A nemkívánatos hatások így korai szakaszban felismerhetők és orvosolhatók**
- **Az állandó hidrodinamikai modellnek, mint az ajánlott komplex megfigyelőrendszer integrált elemének, a szlatinai település természeti erőforrásainak –sóoldat és kősó- felhasználásával való gazdálkodás eszközévé kell válnia.**

Javaslatok

- **A kifejlesztett hidrodinamikai modell alkalmazása egy folyamatosan firssített hidrodinamikai modell alapjaként, a szlatinai kősó lelőhely és környéke komplex megfigyelőrendszerének elemeként, a természeti erőforrások fenntartható kezelése és felhasználása céljából.**
- **A hidrodinamikai modell lett az alapja a megfigyelőrendszer megfigyelési pontok és hidrogeológiai kutak hálózatának számának és térbeli elhelyezkedésének meghatározásához a monitoring rendsezr és megfigyelési rendszer kidolgozott tervével összhangban (lásd a 3.9.3 alfejezet 70. ábráját).**

3.7 Szennyezőanyag szállítás modellezése

A sószállítási modell megalkoltásához felhasználtuk az előző szakaszokban bemutatott korábbi koncepcionális és részletes hidrodinamikai modelleket, de azokat a szállítás modellezés szempontjait szem előtt tartva építettük újra.

A rendszert a korábbi tapasztalatok alapján a WGS84 Universal Transverse Mercator (UTM) 34N vetületi rendszerrek építették fel, részben a korábbi modellekkel való kompatibilitás biztosítása, részben pedig a korábbi térinformációk minél egyszerűbb felhasználása érdekében.

A modellbe öt réteget építettünk be a valóságnak leginkább megfelelő módon. A modellben a következő rétegeket használták fel:

- 1. réteg. Homokos kavicsos pleisztocén víztartó réteg a Magura hegység miocén képződményeinek felső rétege az ÉK-i oldalon
- 2. réteg. A „palah” agyagos víztartó réteg és a Magura hegység miocén képződményeinek középső szintje az ÉK-i oldalon
- 3. réteg. A sókupla felső szintje sekély sóbányaüregekkel és a környező miocén képződményekkel, beleértve a Magura hegység üledékeit ÉK-re
- 4. réteg. A sókupola középső szintje, mély sóbányaüregekkel (8-10. bányák) és a környező miocén üledekkel, beleértve az ÉK-i Magura hegység üledékeit is.
- 5. réteg. A sókupola ép mélységi szintje és a környező tömörített, nagy mélységű miocén képződmények, belértve az ÉK-i Magura hegység üledékeit is.

így a modell képes volt megragadni a szóda atom alakját egészen -200 mBf-ig. Tekintettel arra, hogy a rétegek hidrodinamikai kapacitása a mélységgel csökken, nagy mélységekben nem vettük figyelembe az oldalirányú és felfelé irányuló beáramlásokat és áramlásokat, és a modell alját vízáteresztőnek feltételeztük, ami a rendszer vízháztartása szempontjából elhanyagolható hibát jelentett.

A modellhez illesztett képződmények határfelületei az **56. ábrán** látható**.**

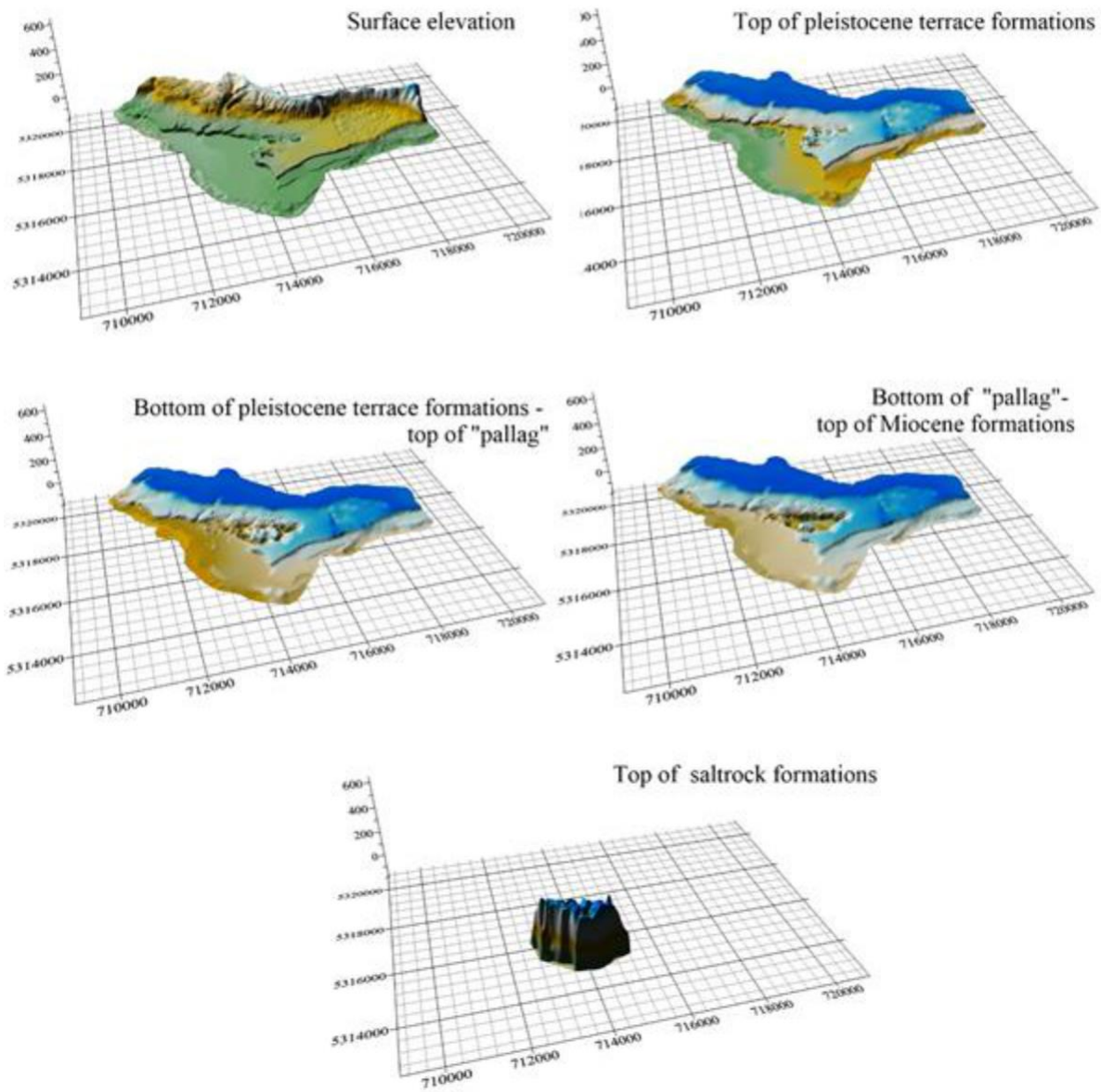


Figure 56.: Geometry of soil bodies adapted into the transport model

To ensure the stability of the transport model calculations, an equidistant grid of 25x25 m was applied over the entire area. The modelled area was the 8500 x 7000 m area between the coordinate lines X = 710180 - 718680 and Y= 5312350 - 5319350 of the aforementioned WGS854 UTM 34N projection. Thus, the model consisted of 340x280 elements per layer (**Figure 57**).

In the model, the hydraulic parameters are given in a different regime for each layer. The properties of the terrace layer were approximated by a continuously varying parameter field, and

the Magura Mountains formations were described with constant properties per level, but with decreasing hydraulic conductivity with depth. The properties of the "pallag" aquiclude clay layer are determined by several processes. Its formation is best known above the salt rocks in the center of the dome, but it is also likely to be found away from the salt dome. It is also known that in the shallow mines (mines 1-7), some land subsidence (**Figure 58**) due to collapse of underground mine chambers has occurred, resulting in the formation of salt mine lakes.

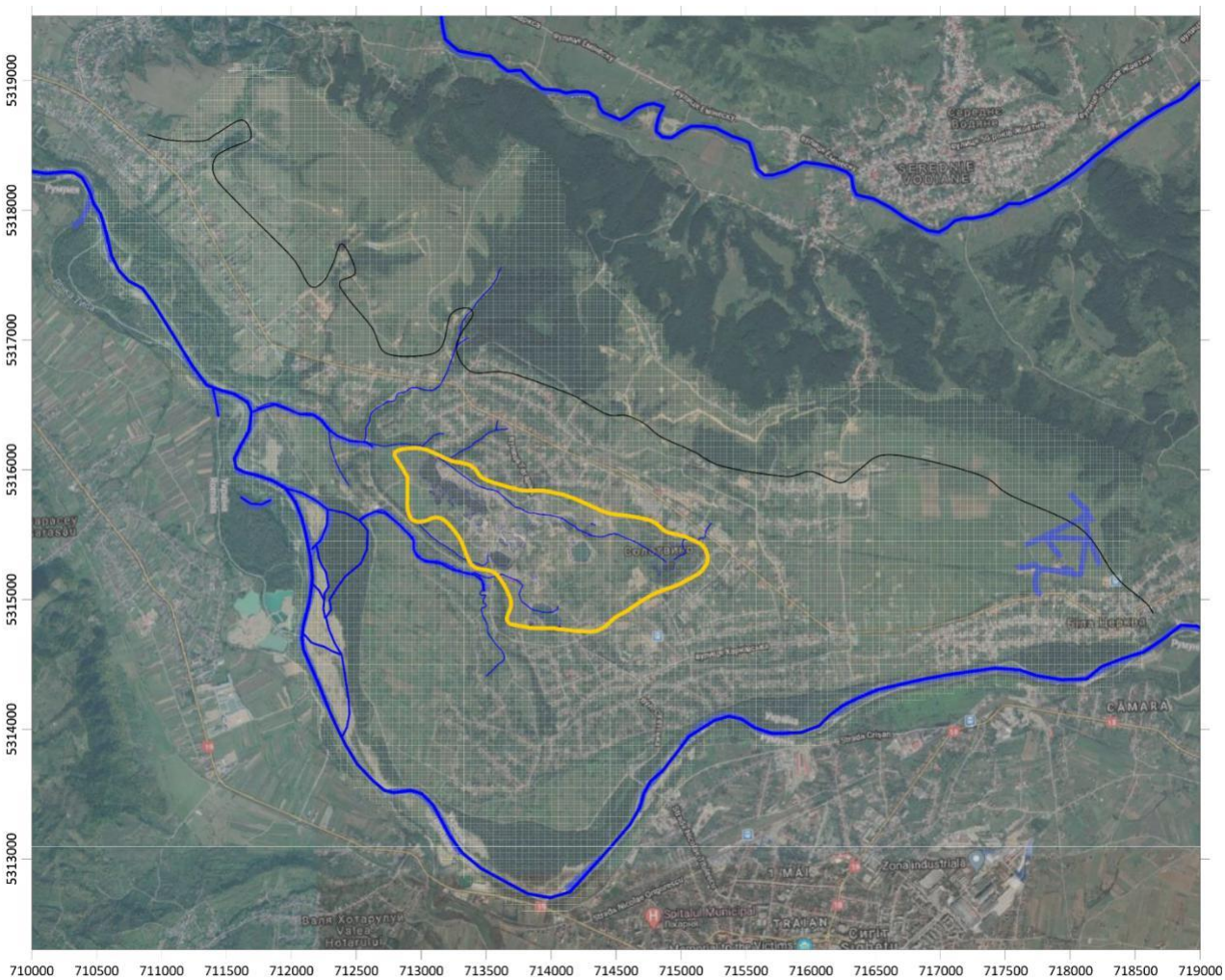


Figure 57.: The grid of the transport model

In the salt mine collapse originated in the lake region, therefore, the continuity of the “pallag” is disrupted and a weakened but existing connection between the groundwater incorporated in salt rocks and in overlying gravel formations was assumed, which was simulated by reducing the hydraulic conductivity of the "pallag" layer. Data on the extent of subsidence were also considered.

Based on subsidence maps published by Trofymchuk et al 2020, we also varied the hydraulic conductivity of the "pallag" in the salt domes region (**Figure 58**), assuming that where salinity dissolution is higher at depth, subsidence is faster and the connection between the shallow aquifer and the groundwater stored in the salt domes is faster and easier to establish. In addition, it must be taken into account that salt water seeping vertically through the "pallag" may result in a flocculated, more permeable structure of the clay. In this way, the conductivity of the "pallag" was increased both at the salt lakes formed above the mine cavities and by following the areas of maximum land subsidence velocities of more than 10 mm/year, the hydraulic conductivity of the clay was gradually increased towards the center of the movement. In these places, the possibility of a hydraulic connection between the water stored in the salt lakes and the water of the gravel complex is clear.

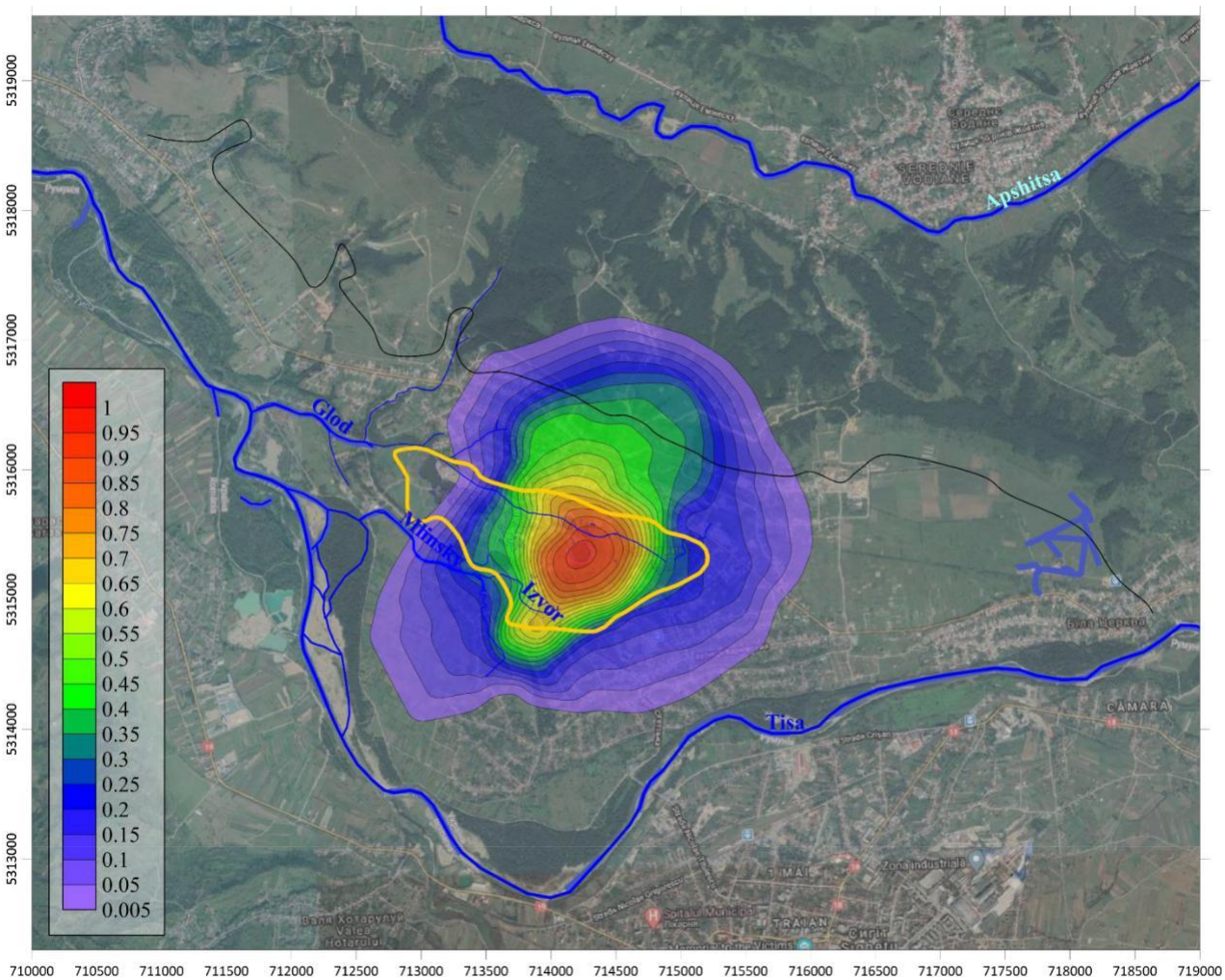


Figure 58. Land subsidence rates nearby Solotvyno considered as a hydraulic contact strengthening factor (after Trofymchuk et al 2020)

Most of the Miocene formations are high dipping strata, consisting of clays and Aleurites, but also tuffs and sandy levels. Seepage within the Miocene formations is impeded by the poorer water conductivity of the salt rocks, but around the salt dome there is unimpeded seepage in all directions within each formation. The usual anisotropy does not apply to these formations due to the high slope, and in the model these formations were considered as blocks with low anisotropy.

The Miocene strata, deposited in a SW direction from the salt dome, are fed by saline waters, depending on the quality of the clay cover, which may then move towards the surface through open tectonic zones. It is partly due to these Miocene strata that some of the saline water can move towards depth and only break up to the surface in areas away from the salt rock body. The Miocene formations therefore play a complex role in the system, especially the aquifers between aquitards and aquicludes.

The intact salt rocks are the least permeable in the system, but it is known that both the deep and shallow mines have been filled with water, so that the salt is dissolved by the fresh water inflow. Dissolution starts near the preformed discontinuities and the hydraulic conductivity of the discontinuities gradually increases due to the continuous solution of salt bodies nearby. In this way, this dissolution process of salts appears to be unstoppable if the system is replenished with freshwater.

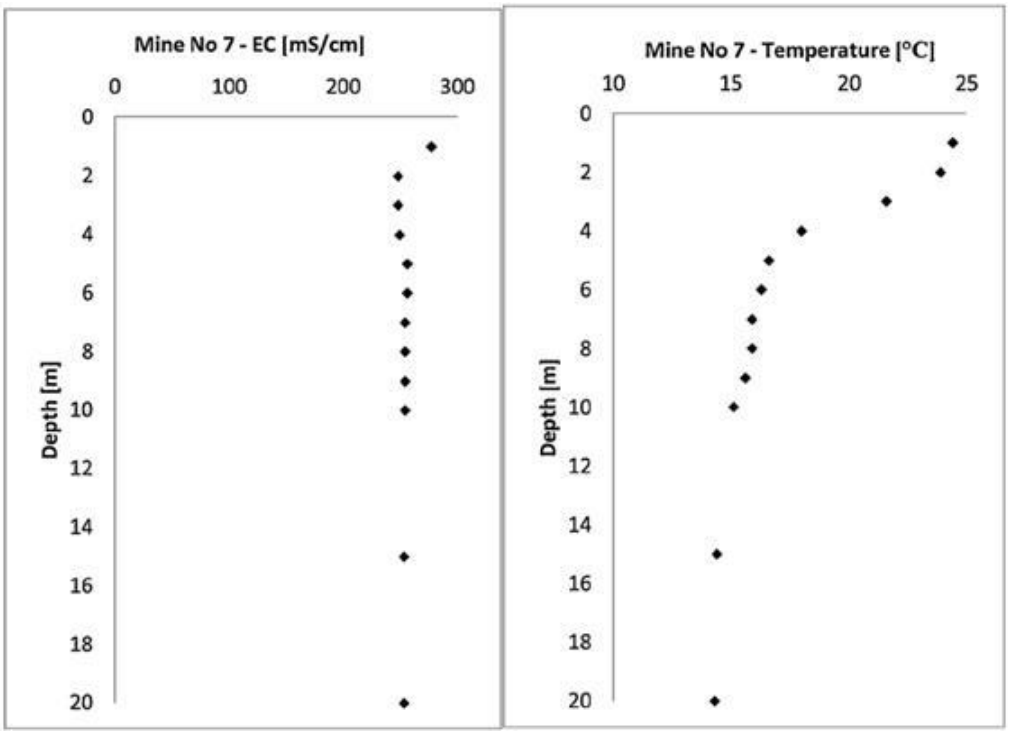
In the model, the hydraulic conductivity of the intact salt rocks is the same regardless of settlement depth, but around and immediately adjacent to the chambers of the deep #8-#10 mines, the conductivity is orders of magnitude higher than in the intact rock itself. The average "porosity" around the chambers is also increased, up to 0.7-0.8, depending on the element size. The hydraulic conductivity change is even larger in the shallow mine areas where the solution has caused the cavities to collapse and to open up, the movement of water is almost unimpeded, while in other mines where this has not happened (e.g., mines #5 and #6), the hydraulic conductivity is also increased.

Flow conditions are difficult to estimate from water levels, as the density of saltwater is higher than freshwater, so the saltwater levels in the mines are slightly lower than in the surrounding freshwater, but this indicates the same hydraulic potential.

The salt concentration of about 7.5% at Dolphin Lake (measured by Geogold Kárpátia Ltd.) represents a density of 1.052 g/cm^3, i.e., a 5-6% lower saltwater column can balance the freshwater column. EC measurements in the mine shafts indicate a value of 250 mS/cm, which could indicate 160

a salt concentration of up to 300-350 g/l, consistent with the solubility of salt in water (359 g/dm^3 @25 °C), i.e. salt in the mine shaft area is fully saturated or near saturated.

Moreover, if we examine the EC-depth and EC-temperature profiles for each mine, we see that the EC profile for mine #7 shows a constant value of 250 mS/cm (**Figure 59**, top charts), which means that as the lake breaks up from the mine area, there is a continuous upward flow of saturated brine, which is then moved or may be moved further laterally down gradient by lateral seepage. The higher EC near the surface is a temperature effect.



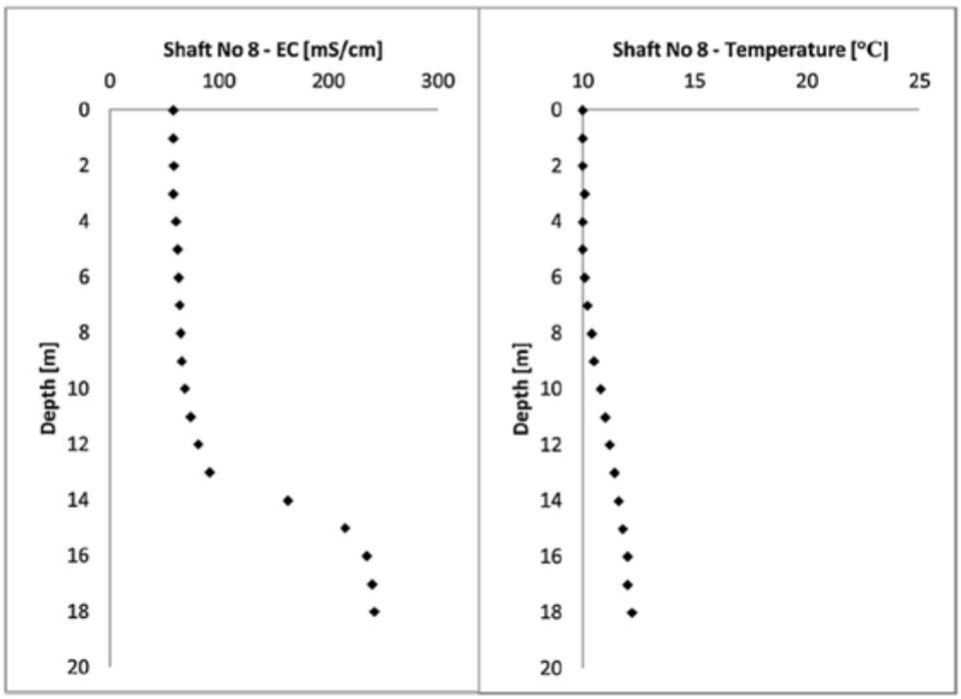


Figure 59.: EC and temperature profiles in mine shafts #7 and #8 (Stoeckl et al., 2020)

If we compare this with the EC profile of mine #8 (**Figure 59**, bottom charts), we can see that the EC level is lower in the surface zone, which rises abruptly with depth. This indicates that there is currently no saltwater discharge through the shaft from Mine #8, the mine openings are saturated to the appropriate temperature, which is then diluted by lateral groundwater seepage near the surface. In this region, therefore, the shallow groundwater flow does not receive any significant saline load.

EC measurements therefore provide a clear indication of whether the protective layer of the "pallag" is functioning and whether a given formation or mine area is hydrodynamically connected to the shallow aquifer. All these insights were adapted to the model by varying the hydraulic conductivities.

Infiltration was adapted into the model using zones (**Figure 60**). In the steeper slopes of the Magura Mountains, higher surface run-off and therefore lower infiltration was assumed. Infiltration is inhibited by the medium-low conductivity of the formations but enhanced by the high precipitation of 1000-1200 mm/year typical of the region. Final residual infiltration values were determined during calibration.

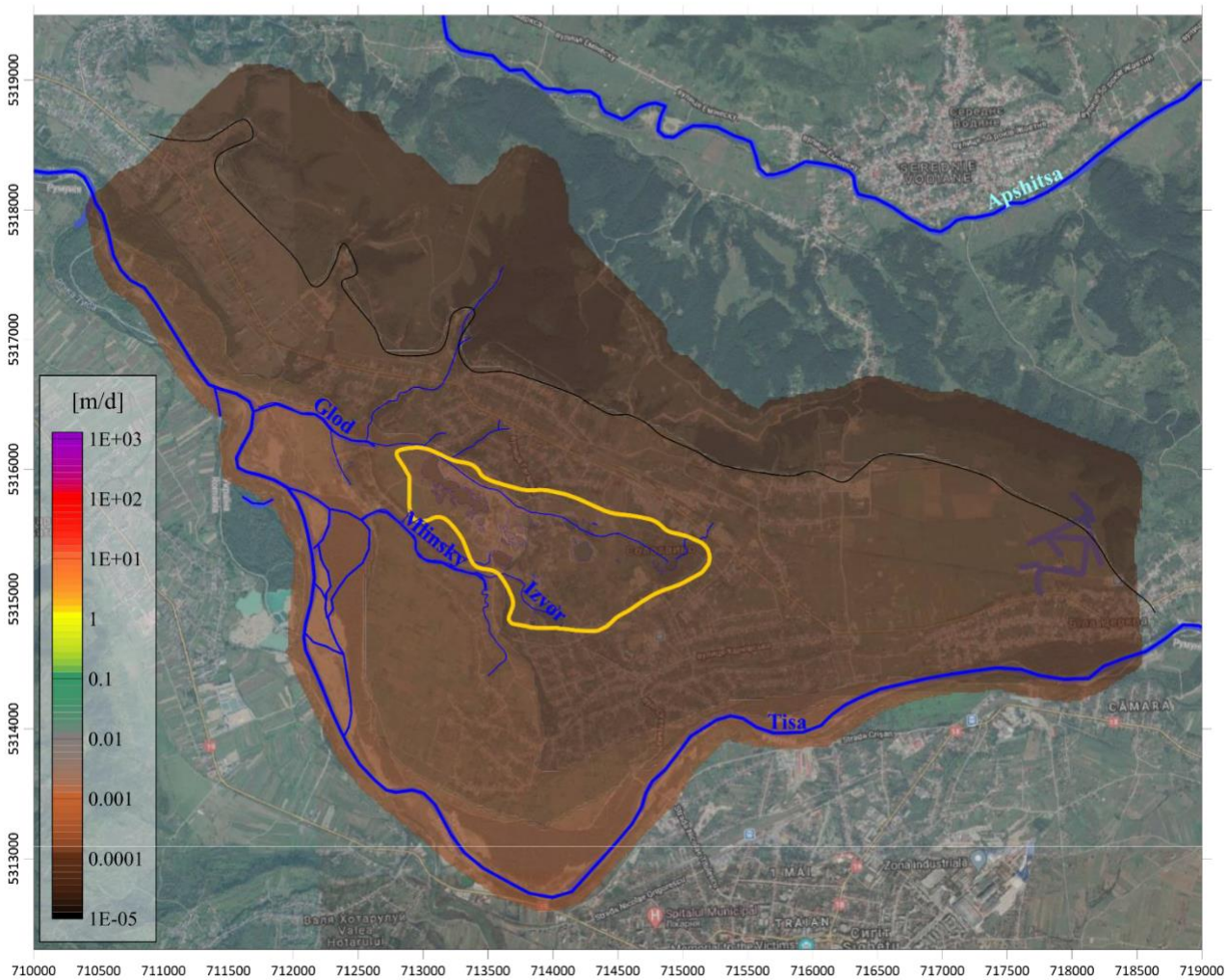


Figure 60. Recharge rates into groundwater

The largest river in the region, the Tisza, was adapted to the model with a river package, with an average width of 45-50 m and water levels of 280 m asl at the inlet and 249 m asl at the outlet. The average water column height in the river is 2 m. The river data were taken from the data of the staff of IGS NASU.

Smaller watercourses and streams were simulated with drains, like previous models. In the study area, streams run in shallowly incised bedrock, thus discharging into the high groundwater. When the groundwater is low, the streams become diving streams, so all small streams, not just Glod and Mlinsky streams, have been adapted to the system.

The distribution of groundwater levels in the area was based on water level measurements from Geogold Kárpátia Ltd. (**Figure 61**) and previous IGS NASU models.

We have identified 4 production wells in the area screened for the Pleistocene aquifer. All wells have a yield of 375 m^3/d. For the wells, NASU IGS data on location and production rates were used.

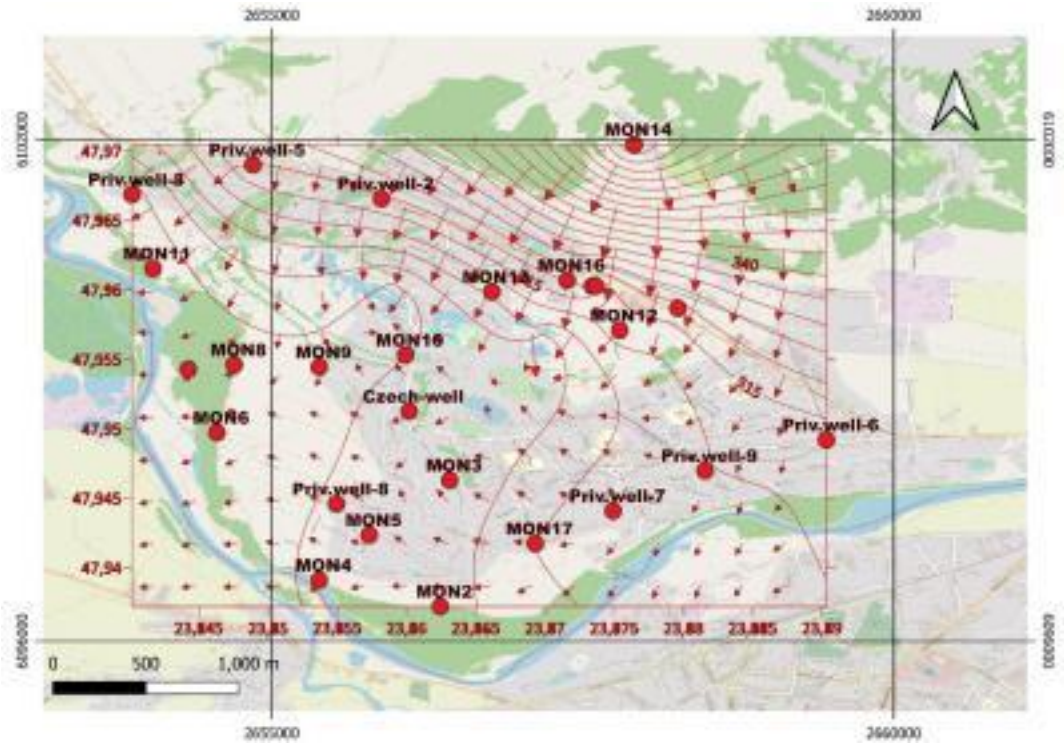


Figure 61. Groundwater flow potential map based on measurements during the July 2020 – October 2021 period (Geogold Kárpátia Ltd, 2021)

The brine transport model was built using the SEAWAT code developed by the USGS. The code was used to investigate chloride ion transport taking into consideration that only little information is available about the distribution of concentrations of different components, the transport parameters of individual rock formations, and many of the factors that influence transport processes. As such, the brine transport model produced needs to be further developed, checked with later available data, calibrated and validated in the future. The brine transport model as it stands is a first approximation, the results of which should be accepted with due caution.

The initial concentrations in the system are given by the concentration of saturated brine in the mine tailings, while the concentration distribution in the shallow aquifer is taken from the

concentrations measured in monitoring wells and lakes. The initial concentration distribution is based on certain assumptions and hypotheses. To draw an accurate map more and uniformly distributed monitoring points for larger areas are required (**Figure 62**).

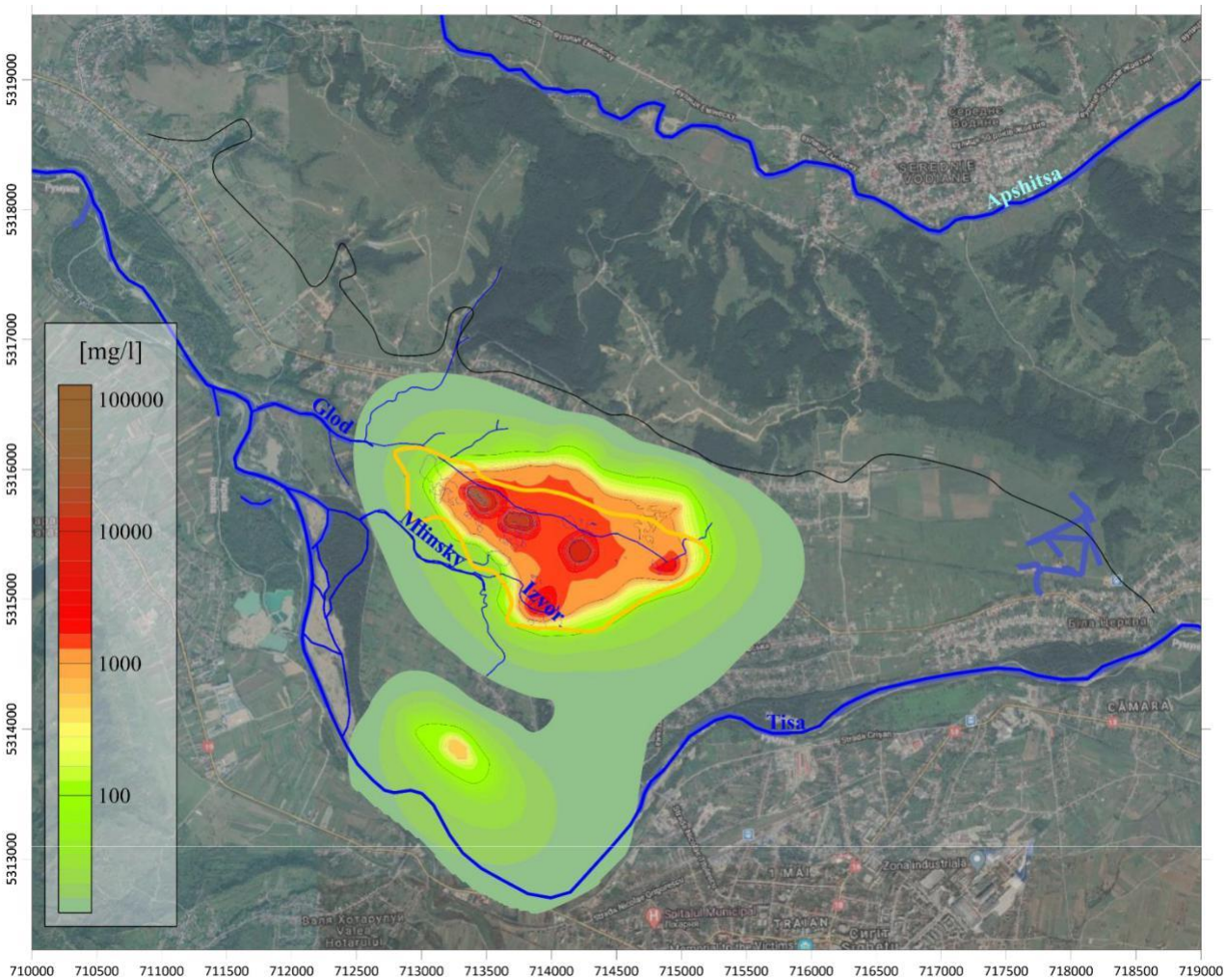


Figure 62. Hypothetical recent shallow groundwater chloride concentration distribution based on concentration and EC measurement data in the lakes, shafts and monitoring wells

With this solution, it was assumed that the saltwater lakes are connected to the terrace layer water due to infiltration, while for the freshwater lakes a balance between surface and groundwater was assumed. The distribution of points reflects local conditions and is obviously not a full representation of the actual concentration distributions, so in some places, assumptions were made in the map construction to reflect this concept.

Low chloride concentrations were assumed in the Magura Mountains and in the deeper

Miocene strata. In the calculations, only advective and dispersive transport was considered, since chloride ion is not an adsorbing and non-degradable component, so that, by definition, sorption and degradation processes in the system are negligible or not occurring.

The advective transport of the pollutant was calculated using the hybrid streamline method (Hybrid Method of Characteristics, HMOC). The method is characterized by the fact that where there are significant concentration variations, it uses the conventional MOC solution with many particles, while in places with less variable concentrations it uses the modified method of characteristics (MMOC), thus combining the advantages of both methods.

The numerical solution of the system of equations generated by the HMOC method was performed using a hybrid first-order Euler and fourth-order Runge-Kutta algorithm as a function of local concentration gradients. The Courant number was defined to be 0.75, which prevents the contaminant particle from travelling more than one cell during a time step, i.e., from skipping elements in the model.

The arrival of fictitious pollutant fluxes at the model boundary due to numerical errors resulting from the fulfilment of the mass retention can cause instability, which is stabilized by using fixed concentration elements (constant zero concentration) at the boundaries in the discharge situation (e.g. Tisza River region) (the solution does not prevent the movement of the pollutant towards the boundary, but rather, in principle, accelerates the transport processes due to a possible increase in concentration gradients).

The use of a hybrid method of characteristics based on linearization of the transport equation to reduce the numerical errors in the resulting system, and the use of fixed (constant) concentration elements, has reduced the absolute value of the numerical errors, providing a double protection.

To reduce the numerical errors, we have already used the uniform grid mesh (cell side dimensions 25x25m) in the hydrodynamic modelling to work with optimal transport time steps, both to reduce the numerical errors due to the reduction of the number of iterations and to reduce the computation times.

The dispersion of the pollutants under study is essentially determined by the phenomenon of dispersion, the effect of diffusion being of much less importance. The parameter characterizing diffusion is the effective molecular diffusion constant. The characteristic describing the hydrodynamic dispersion is the dispersivity [m], which multiplied by the cellular leakage rate [m/d] gives the hydrodynamic dispersion constant [m^2/d].

In determining the dispersion properties, we have considered the measurements of Altair Inc., who investigated the transport properties of "pallag" samples (**Figure 63**).

Since the diffusion transport fluxes are subordinate, the effect of the exact effective diffusion constant on the result is irrelevant, so an effective diffusion constant of 5 10^{-6} m^2/d was calculated for the whole system. For the dispersity, a dispersity of 0.35 m was given for the coarser Pleistocene formations, 1 m for the fine-grained clay ("pallag") formations and 0.5 m for the Miocene formations. The horizontal transverse dispersivity was set to one tenth of the longitudinal dispersity and the vertical transverse dispersity to one twentieth of the longitudinal dispersity. The continuously changing river stages of Tisza River were adapted into the model by elevated dispersity values on the riverbank. Since the direction and velocity of flow in each cell is constant in time (permanent flow), but naturally varies from cell to cell in the permanent calculations we used, we used a constant in time but spatially varying dispersion parameter field in each element of the model.

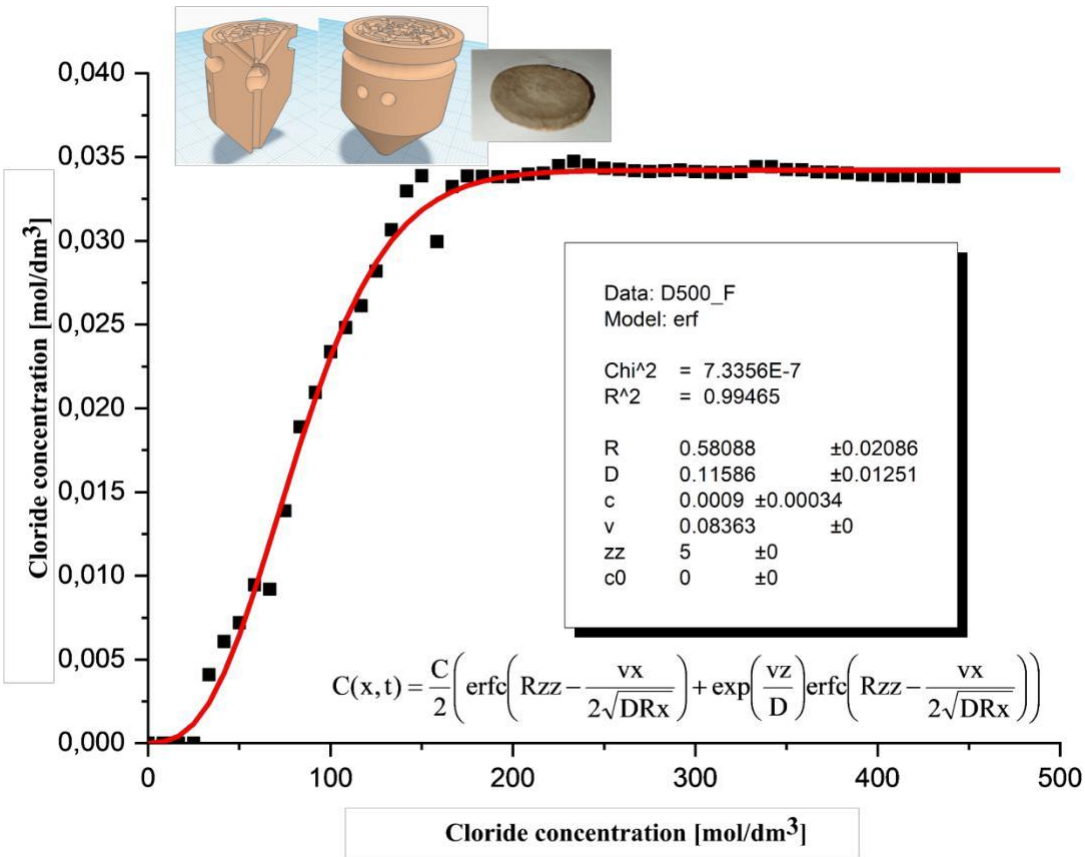


Figure 63. Determination of transport parameters (after Altair Inc., 2021)

We used the model to calculate both the hydraulic and chemical potential values (i.e., hydraulic heads (**Figure 64-65**.) and concentrations (**Figure 67-68**.) in the permanent leakage velocity space.

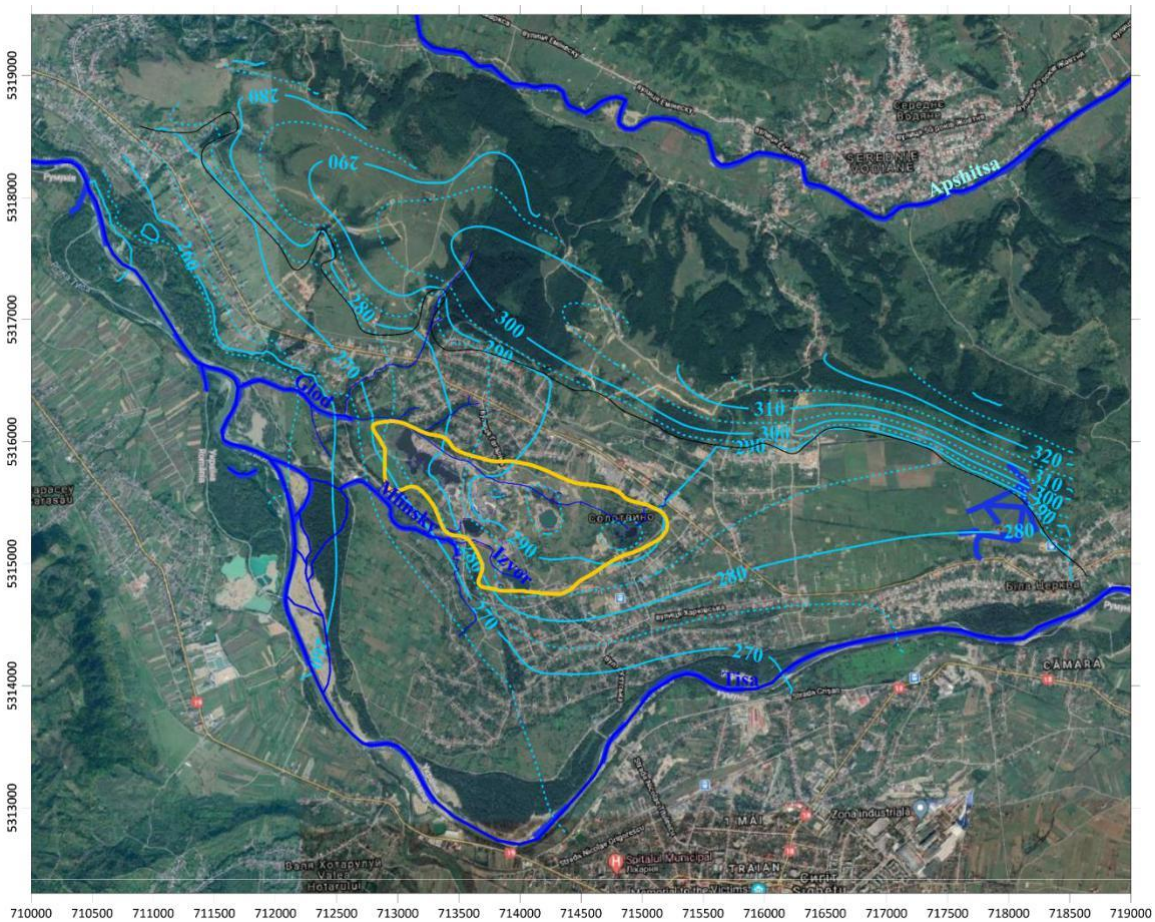


Figure 64.: Calculated hydraulic heads in the 1st model layer (mainly pleistocene)

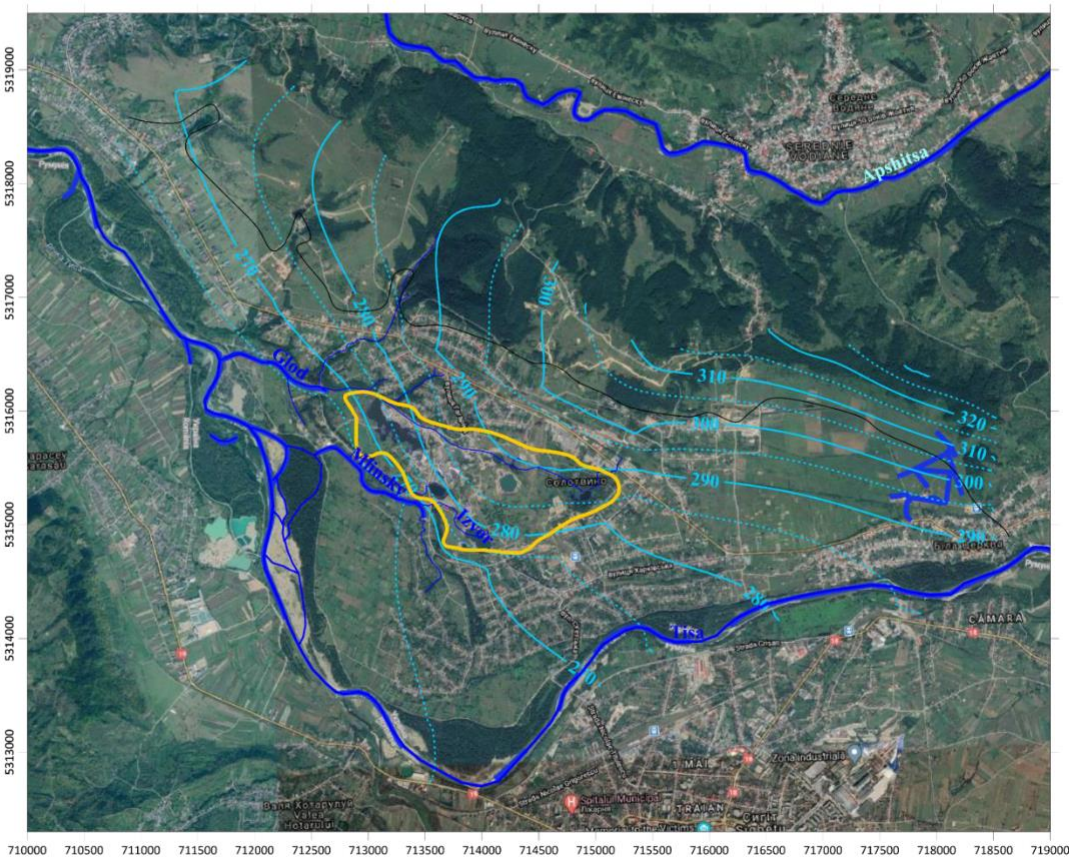


Figure 65.: Calculated hydraulic heads in the 5th model layer (Miocene and bottom part of the salt rocks)

The potential distributions are shown in Figure 64-65. From the figures the Tisza spatial potential levels are determined by the average water level of the river and that the Tisza is discharging the alluvial basin formations in the whole study-area. Groundwater seepage from the Magura Mountains continues to seep into the Tisza valley alluvium, with strongly decreasing hydraulic gradients, until it is discharged by the gravelly substrate of the Tisza. In this way, the Tisza River clearly takes up the salt load that is transported to the terrace layer through the terrace layer relicts above the Solotvyno (Aknaszlatina) salt dome.

The four production wells filtered onto the Pleistocene riverbank aquifer do not significantly affect the groundwater motion in the layer, but only create drawdown in the narrower vicinity of the wells. The recharge area of the wells lies around the Solotvyno (Aknaszlatina) salt ponds (**Figure 66**). The purpose of the operation of the wells is unknown to us, but in any case, it is calculated that they will not unload either the Tisza or the river bank layers from brine load on the downstream side of the salt lake but merely increase the fluxes of brine water above the salt lake and the volume of

brine water leaving the ponds through the mining areas by 1500 m^3/d, and as such their effect will be more detrimental to the system than beneficial. The effect of the well series is only to reduce the salt load in the small area downstream of the wells, towards the Tisza.

According to water balance calculations to be refined in the future, 13-15 m^3/d of saturated brine is received directly from the salt mines, while about 15-16000 m^3/d of groundwater seeps through the surface area of the salt dome when the four wells are in operation.

Without the drawdown of the wells, the yield from the salt dome is 10-12 m^3/d, while the yield of water seeping in the Pleistocene aquifer in the salt dome area is 14000-14500 m^3/d.

The current brine load on the riverbank layers therefore comes from two sources, the 13-15 m^3 of saturated brine seeping up from the mines and the water seeping through the ponds in the former collapsed mine cavities.

Considering that the saturated concentration of salt is 360 g/l = 360 kg/m^3, the approximate salt load from the salt mines is 4.7 metric tons per day. If this mass is divided by the 15 000 m^3 of groundwater daily flux leaking through the salt lake area, a salt concentration of 310 mg/l (= 190 mg/l chloride concentration) is obtained, to which is added the salt yield from the water leaking through the salt ponds.

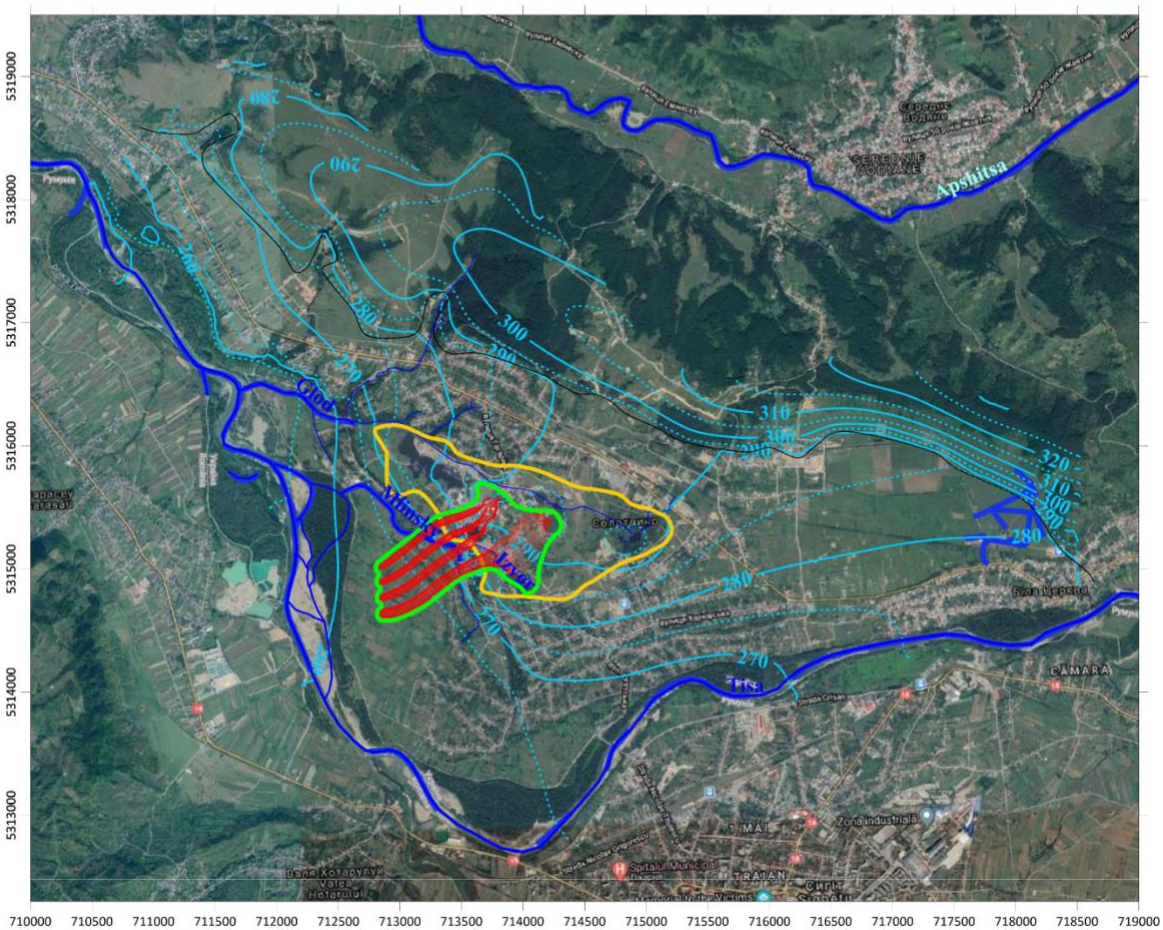


Figure 66. The pathlines from the production wells and the zone of influence related to production wells

For the latter, the water balance calculations give the following data: For the Dolphin Lake the water exchange between the Pleistocene aquifer and the lake is about 600 m^3/d, for the Ferenc Mine 600 m^3/d, for the #8 Mine 300 m^3/d, for Kunigunda Lake 450 m^3/d, which is about 2000 m^3/d in total. If we assume that, although the concentrations in the monitoring wells vary radically, the chloride concentrations in the wells closest to the lakes are no higher than 2000 mg/l, then the 2000 m^3/d of water exchange between the salt ponds and the groundwater would add roughly 4 metric tons of chloride per day to the Pleistocene layer, which could cause an additional 270 mg/l increase in chloride concentrations.

In total, a distributed chloride load of about 460 mg/l from the two sources and, assuming a Na/Cl=23g/35.5g mass ratio, a maximum sodium load of about 300 mg/l can be assumed.

The estimate is a rough and robust approximation and, in many respects, a worst case. This theoretical calculation does not take into account the effect of density-dependent transport of salt,

which means that saturated brine is only released from the mine in the case of relatively strong upward seepage, and that in the case of low seepage the denser saturated brine is rather in the mine and is merely diffused into the ponds, so that the salt load of 4.6 t/d is in any case exaggerated. The calculation for the loading of the lakes is also overestimated in any case, given that the concentrations in the terrace layer fluctuate strongly and are practically based on the observed maximum. The concentrations in the lakes were not considered because of the unobstructed seepage between surface and groundwater due to the colmation of the lake bottom, and the concentrations in the lakes in any case assume an elevated concentration due to evaporation losses. It is therefore unlikely that the concentrations observed in the pond will be directly discharged into the Pleistocene aquifer.

In this way, it can be said that in the current state, a maximum of 4600 kg/d of NaCl is released from mines and 6600 kg/d from saltwater lakes, i.e. a total of 11 200 kg of rock salt is loaded into the Tisza River. Assuming a rock salt density of 2100 kg/m^3, this would result in a daily leaching of 5-5.5 m^3 of rock salt per day, which would mean a maximum of nearly 2000 m^3 of cavitation below the surface per year.

If we accelerate the flow of water from the mine areas, this yield can be increased regrettably easily, but by reducing the leakage, the environmental impact can be substantially reduced. The aim of regional water management from an environmental point of view is therefore to prevent further cavity collapses, to reduce mine water flows and to reduce the salt yields from the mine to the surface.

The figures obtained can be roughly estimated, since the 11.2 metric tons of rock salt per day entering a 15000 m^3/d water flow gives a total concentration of 750 mg/l of brines, which again, calculated using mass ratios, gives a chloride concentration of 455 mg/l and a sodium concentration of 295 mg/l. If we look at the observed concentrations, we see that they gradually decrease from 1500 to 2000 mg/l in the salt dome region away from the salt body, resulting in overall average concentrations of around 300 to 500 mg/l, which is in order of magnitude of the modelling and rough estimation.

Of course, the transport model was also used to calculate the evolving concentrations, which allowed us to obtain the expected extent of the plume and the evolving concentrations (**Figure 67-68**). The extent of the soda ash plume is an area of about 1 km^2 (98 ha), which covers practically the entire catchment of the Glod and Mlinsky creeks up to the Tisza.

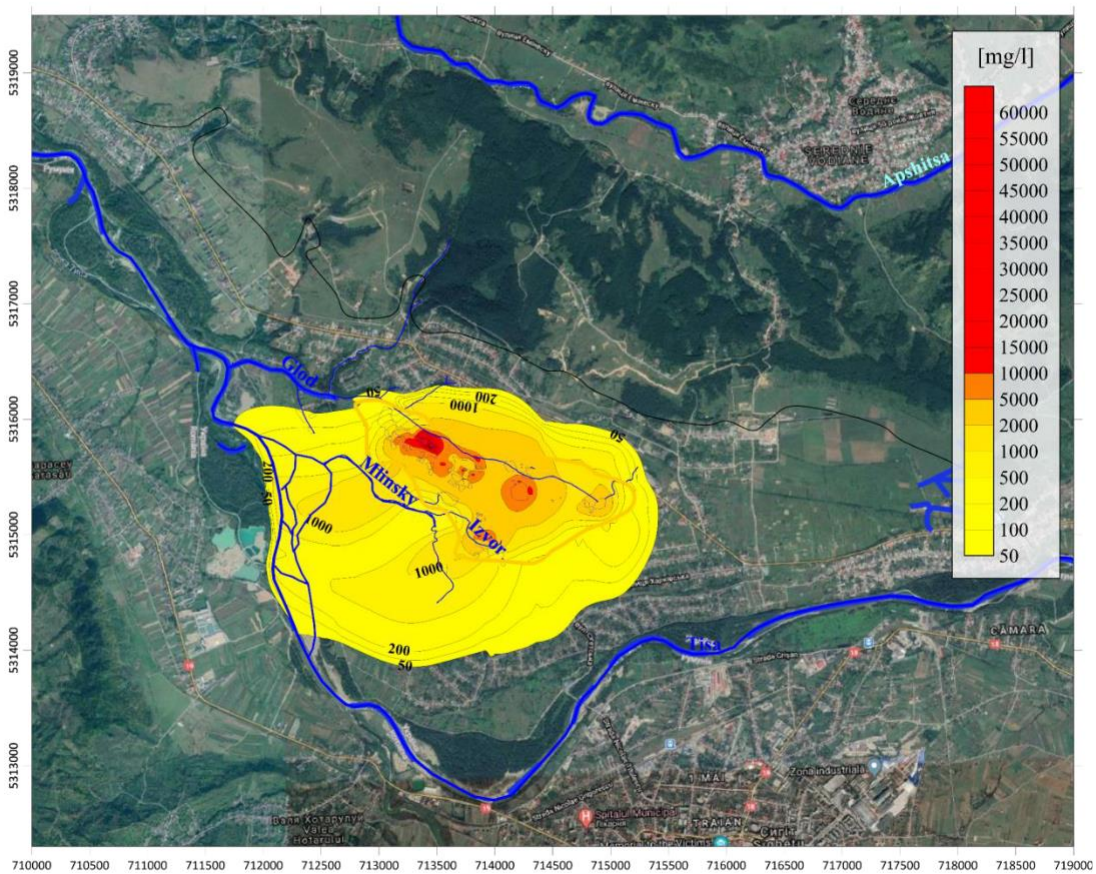


Figure 67. Estimated short term chloride concentrations (in 10-20 years)

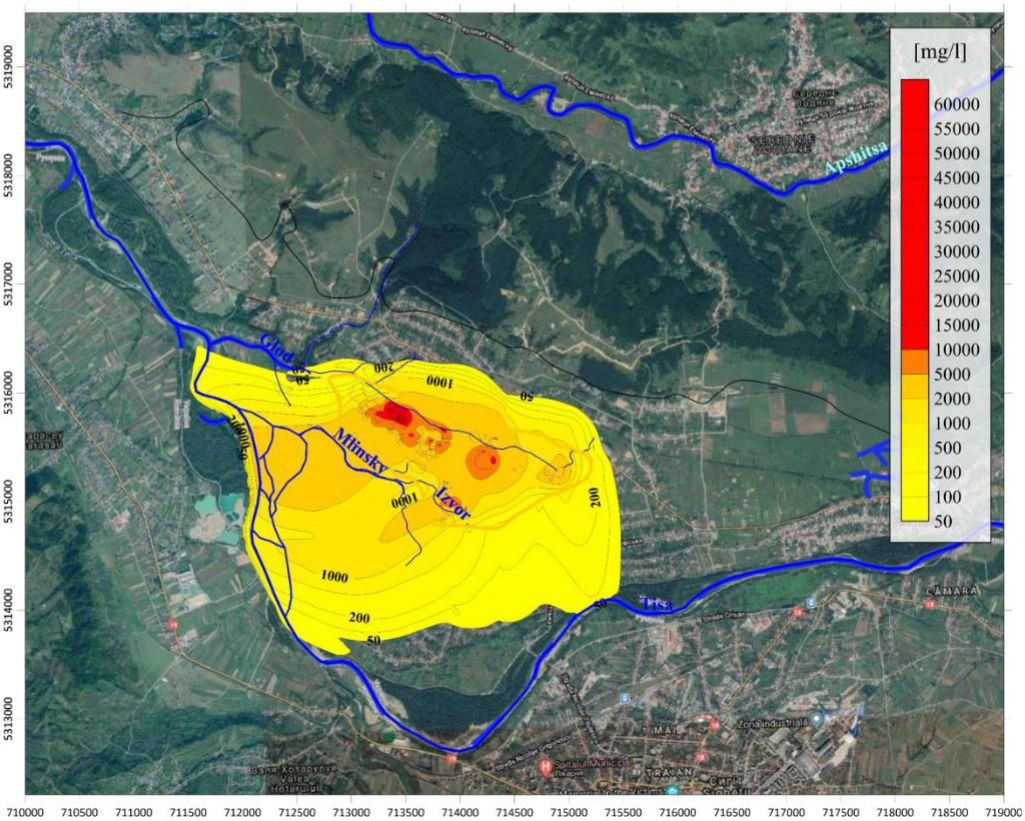


Figure 68. Estimated long term chloride concentrations

The area of influence cannot be reduced by wells, except by artificially reducing the flow of water through the bottom of the lakes formed by the collapse of the existing salt pits and continuously forming, by narrowing or blocking the exits of the pits and shafts even below the groundwater bodies, so that the salt water in the flooded mine pits is brought into full equilibrium by saturation, and in this way further desalination is induced only by fresh water infiltrating along the tectonic lines. This would not impede the use of salt ponds for tourism at all but would merely reduce the salinity load on the Pleistocene riverbank layer and the Glod and Mlinsky streams that discharges it. In this way, the salt concentration in the crater lakes (above collapsed mine chambers) would be reduced slightly, but the groundwater would be reduced substantially. Well water production should be eliminated or banned in the current area of influence of the salt dome.

Salt dissolution in deep layers must be curtailed, otherwise it will cause a steadily accelerating phenomenon, with increasing amounts of salt being dissolved along increasingly large, dissolved surfaces, causing ever larger underground cavities and accelerating

subsidence. The process can only be stopped by a radical reduction in deep groundwater flow, which is possible because of the geological and hydrogeological conditions. Reasonable solutions can slow the process down, and significant artificial interventions can reduce it completely, but this should be started as soon as possible, while it is still possible to reduce the process and the environmental damage does not destroy the living conditions of the population in the area.

3.9 Local Complex Monitoring Plan

3.9.1. Environmental State Monitoring for Solotvyno: Objectives, Regulations, Functions

Worldwide, former mining activities affect many regions; some of them taking place centuries ago. In many cases, the extraction and processing of raw materials carry an inherent risk to humans and the environment, first for geological subsoil as main „depo" of technogenic aftermaths.

An important aspect of post-mining research is the continuous monitoring of the mining area to get a full process understanding. With this process understanding, important (post-mining) aspects and effects can be derived.

In this research area, the researchers develop technical systems for the monitoring of post-mining activities with the aim of combining remote-sensing methods, geophysical survey, geogetic measurements, modelling and/or simulating the risks and bringing them together to form integrated risk management systems. Thus, in the future, all essential processes in post-mining can be monitored efficiently, and preventive measures can be initiated. The application of satellite data allows the detection of ground motion and thus the potential prognosis of the occurrence of subsidence and sinkholes. By integrating the results from remote sensing with the underground analysis the overburden, significantly improved interpretations and forecasts can be achieved, which are also important for risk forecast, assessment, and management.

Monitoring of the geological environment - a system of observation, collection, processing, transmission, storage, and analysis of information about the state of the geological environment, forecasting its changes, development of scientifically based recommendations for making relevant

decisions.

Monitoring of the state of the geological environment is carried out in relation to: exogenous and endogenous geodynamic processes (including determination of their spatial characteristics, activity of manifestations); groundwater (including assessment of resources, their hydrogeological and hydrochemical indicators and properties); geochemical indicators; geophysical parameters etc.

And, a sufficient element of geological natural environment state analysis of Solotvyno is the monitoring of natural and anthropogenic hazardous geological processes development that are potentially dangerous for the population: karst & suffosion (subsidence, sinkholes, collapses), seasonal floods and flash floods, flooding, slope mass movement (erosion, landslides).

The legal principles of environmental monitoring are regulated by the Law of Ukraine "On the Protection of the Natural Environment" (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12)*, the main principles of the operation of the SSME are defined in the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 30.03.1998 No. 391 "On Approval of the Regulation on the State System of Environmental Monitoring" (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF/conv*).

The legal definition and support of the organization and implementation of the State Environmental Monitoring System in the part of State water monitoring is determined by the following legal acts:

- Water Code of Ukraine (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text*);

- Law of Ukraine "On the approval of the State-wide target program for the development of water management and ecological improvement of the Dnipro river basin for the period until 2021" (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17#Text*);

- Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 19, 2018 No. 758 "On approval of the Procedure for State Water Monitoring" (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text*).

The Law of Ukraine "On the State Geological Service of Ukraine" contains the concepts of "monitoring of the geological environment" and "monitoring of the mineral and raw material base" and, among other main tasks, assigns the State Geological Service of Ukraine the task of monitoring the mineral and raw material base, geological environment and groundwater (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1216-14#Text*).

An important aspect of national legislation is the provision of Article 22 of the Law of Ukraine "On Environmental Protection" (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#n351*), which provides for

monitoring the state of the environment and the level of its pollution by enterprises, institutions and organizations whose activities lead or may lead to the deterioration of the environment. In addition, it is stipulated that the mentioned enterprises, institutions and organizations are obliged to transfer the analytical materials of their observations to the relevant state bodies free of charge.

Chapter 6 of the Water Code of Ukraine provides for the maintenance of State water records and the State Water Cadastre (*https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80*). The task of State water accounting is to establish information on the quantity and quality of water, as well as data on water use, on the basis of which water is distributed among water users and measures are developed for the rational use and protection of water and the reproduction of water resources. In accordance with the Procedure for keeping state records of water use, the organization of State records of water use is carried out by the State Water Agency and entrusted to the State Water Agency and the State Emergency Service (in the part of surface water) and the State Geonadra (in the part of underground water).

The Law of Ukraine On Environmental Impact Assessment dated May 23, 2017 No. 2059-VIII establishes the legal and organizational principles of environmental impact assessment aimed at preventing environmental damage, ensuring environmental safety, environmental protection, rational use and reproduction of natural resources, in the process of making decisions on the implementation of economic activities that may have a significant impact on the environment, taking into account state, public and private interests. *(https://kodeksy.com.ua/pro_otsinku_vplivu_na_dovkillya.htm).*

To the list of EU standards:

- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive);
- Directive 2004/35/CE of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage;
- Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration;
- Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on 177

the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC – Statement by the European Parliament, the Council and the Commission;

- Commission Directive 2009/90/EC of 31 July 2009 laying down, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status (Text with EEA relevance);
- Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance);
- Protocol on Strategic Environmental Assessment to the Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (2008);
- ISO. 2009. ISO 31000: Risk Management – Principles and Guidelines on Implementation. International Organization for Standardization. 26 p.;

Analysis of the actual policies and directives related to the environmental problem in post-mining areas in EU are the following (DEMINE-project);

- Several administrations and sectorial departments have competence over wastewater from abandoned mines. In many cases, the administration that must deal with the treatment of mine effluents is not clearly identified. Regulations should clearly identify the administration responsible for treating the wastewater.
- The criteria used by member States for the declaration of the "National inventory of dangerous extractive industries to health or the environment" are not clear.

  Administrations responsible for water management should perform a periodic sampling on those mining effluents from abandoned mines considered to be of greatest risk, followed by a risk analysis with regard to the river that received these effluents.
- The European legislation does not establish thresholds for most metal pollutants despite its recognized toxicity for the environment. Each Member State defines their own limits. This creates a great disparity in thresholds limits across Europe that should be unified.
- In the European legislation, salinization of freshwaters is not considered an important problem and no legally prescribed environmental quality standards exist for salt. Salinity standards for specific ions and ion mixtures, not just for total salinity, should be developed to protect freshwaters.

Geological control over the study and use of subsoil regulated *i*n accordance with the Regulation on the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution No. 1174 dated 12.30.2015 (as amended), the State Geosoil Service implements the state policy in the field of geological study and rational use of subsoil.

Regarding the territory of Solotvyno, the main functions of the monitoring system include monitoring of:

- the condition of buildings and natural objects in the zone of influence of the mine field;
- the state of the subsoil in the zone of influence of mining operations;
- the state of hydraulic facilities in organizations under the control of state mining supervision bodies;
- flow rates, level and composition of surface and underground waters;
- pollution caused by the use of subsoil, surface water and geological environment, including underground water;
- compliance with the established regime in zones and districts of sanitary and mining-sanitary protection of underground water deposits, as well as minerals classified as balneological;
- development of mineral deposit areas;
- landslide susceptibility areas;
- accounting for the movement of mineral reserves (in case of legalization of the use of brines, they will be considered as minerals);
- expert assessments and forecasting of the harmful impact of mining operations on the environment, the level of rational and integrated use of mineral reserves and the provision of subsoil protection.

On the territory of Solotvyno, the formation of an unbalanced complex natural and man-made geosystem of the zone of technogenic impact of salt mines is taking place, which relates to the formation of ecological threats to the safety of life in the territory of the Solotvyno settlement.

Now, a modern monitoring system of the above-mentioned natural and man-made geosystem is extremely necessary, which would provide an opportunity for timely detection and assessment of dangerous changes in the state of the geological environment and factors of threats to the safety of life at the local and cross-border level.

To assess the risks and forecast the development of the above-mentioned hazardous processes,

it is necessary to monitor the development of karst, subsidence (earth surface deformations), quantity & quality of surface and underground waters (levels and chemical composition).

Groundwater quality monitoring is one of the most important aspects of protecting groundwater resources. This is best achieved by constructing a network of wells. Undesirable environmental impacts can thus be detected at an early stage and remedied effectively. Monitoring frequency should be sufficient to provide representative data for the parameter being monitored. Wells required upstream and downstream, in the direction of groundwater flow to monitor changes in water level and quality across a site and to monitor the performance and stability of parameters. Also wells must be located within geological features that are most likely to transmit groundwater, such as along fault lines or in alluvial sediments.

3.9.2. Vision on monitoring of Solotvyno waters

Water quality and quantity monitoring in surface and groundwaters

The evaluation of water issues and the implementation of management solutions require hydrogeological data. The purpose of water quality monitoring is to observe spatial and temporal changes in salinity, to explore the causes of changes in state, to classify waters, to classify the state of water quality, to compare it with water quality limit values, and to estimate annual and seasonal averages and critical concentrations. The quantity monitoring is needed to detect potential changes in groundwater flow and to follow the depth variation in hydraulic head.

The period of observation was between June 2020 and May 2022. During this time, a monitoring network consisting of a total of 49 monitoring points was designated and examined. **Of these, 13 locations apply to the monitoring of changes in the quality and quantity of surface water (6 points in the Tisza, 6 mining lakes, 1 freshwater lake), and 36 locations using existing wells and monitoring wells deepened during the project.**

In the case of the 36 locations, 7 piezometer wells (with an average depth of 10 m, enabling the recording of the water level/flow pattern of the waters moving in the alluvium and the water chemistry tests as well) were installed in the immediate vicinity of the Tisza River, parallel and perpendicular to the flow direction, 8 in the background area, in the interior of the settlement.

The 1-year monitoring comprised the collection, analysis, and storage of a range of data on a regular basis according to specific circumstances and objectives.

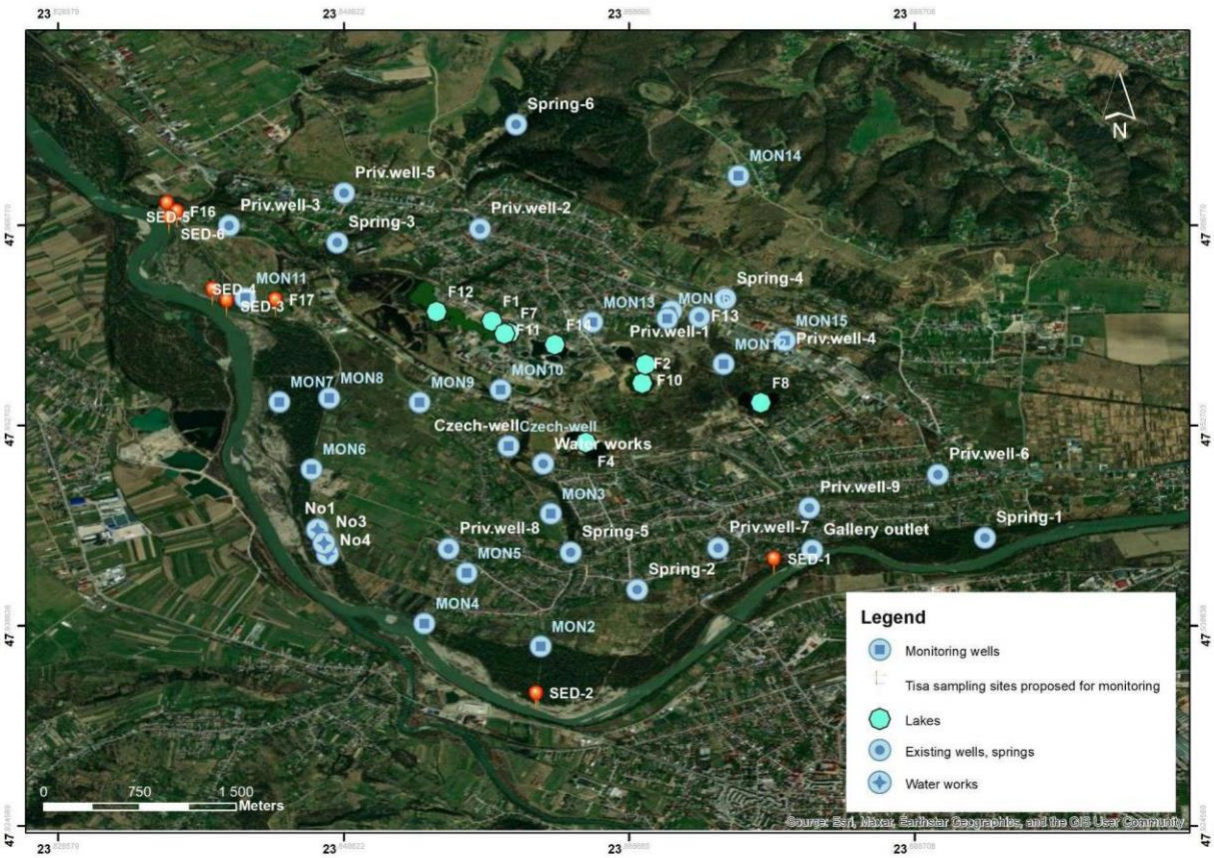


Figure 69. The residential and water supply wells, springs, outfalls, lake sampling sites, etc. that form the basis of the planned monitoring network, partly made of during the project, as MON piezometers, and partly included the others in the one-year measurement. *(Geogold Ltd)*

3.9.3. Complex Monitoring System Plan for Solotvyno salt mine area and its surroundings

Based on obtained studies results (field observations, remote sensing satellite radar monitoring data analysis, geological and hydrodynamic modelling) the complex monitoring system plan, which fits into the wider regional framework for tracking the surface and near subsurface water qualitative and quantitative changes and the ground surface deformations in Solotvyno area have been developed (Figure 70, Table 3).

Planned Complex Monitoring System includes:

I. ***Remote sensing*** (satellite radar monitoring of ground surface deformations using DInSAR with

corner reflectors).

Assessment of displacements and deformations of the ground surface using interferometric processing of satellite radar monitoring data with PS & SBAS techniques.

II. Hydrological and hydrogeological monitoring

Water Quantity (levels & flow rate for hydrological observation points (river, springs) & Quality (temperature, pH, conductivity, TDS (total dissolved solids), alkalinity, acidity, hardness, macro components - sodium, chlorine, sulphates; micro components - Br, I etc.).

Proposed hydrological and hydrogeological monitoring network contains: **9** hydrological observation points (4 – Tisza River; 3 – lakes, 2 – flooded mines #7, 8 collapses); **24** hydrogeological observation points / wells (including 5 combined points, which consist of two wells: for the Quaternary unconfined and Tortonian fractured aquifers).

Monitoring wells design of conditional areas with combined lithological sections have been provided for the hydrogeological observation points for the Quaternary unconfined and Tortonian fractured aquifers (Figure 71). Description of the conditional area with a combined lithological section (hydrogeological observation points for the Quaternary unconfined aquifer) (Table 4).

III. Geophysical survey

Containing microgravity, geoelectric and seismic methods within the revised risk area. Assessment of geological environment state (stability). Estimation of geophysical anomalies. Microgravity – new data on surface structure changes of the salt dome and overlying rocks.

IV. Geodetic survey

Verification of remote studies of the ground surface deformations (interferometric processing of satellite radar monitoring data).

The geospatial development of ground surface deformations outside the mining area requires the organization of systematic geodetic monitoring of critical infrastructure objects sites; large housing complexes areas (permanent residence); within sites adjacent to the mines collapses and mining facilities (water drainage galleries, water drainage systems, etc.; as well as an abandoned military facility (fuels storage);

V. On-site inspection

Examination and evaluation of the current environmental state of the area; data collection and analysis on karst development (sinkholes: geometric dimensions and frequency of occurrence, ground subsidence etc.) for critical infrastructure objects sites and large housing complexes areas (permanent residence); within sites adjacent to the mines collapses and mining facilities (water drainage galleries, water drainage systems, etc.; as well as an abandoned military facility (fuels storage);

VI. Modelling

Improvement of hydrodynamic model, up-to-date actualization according to hydrological and hydrogeological monitoring data obtaining;

VII. Risk assessment

Analysis of hazardous geological processes development; Reassessment of high-risk zone of technogenic impact of salt mines and development of the hazardous exogenous geological processes (up to date/yearly).

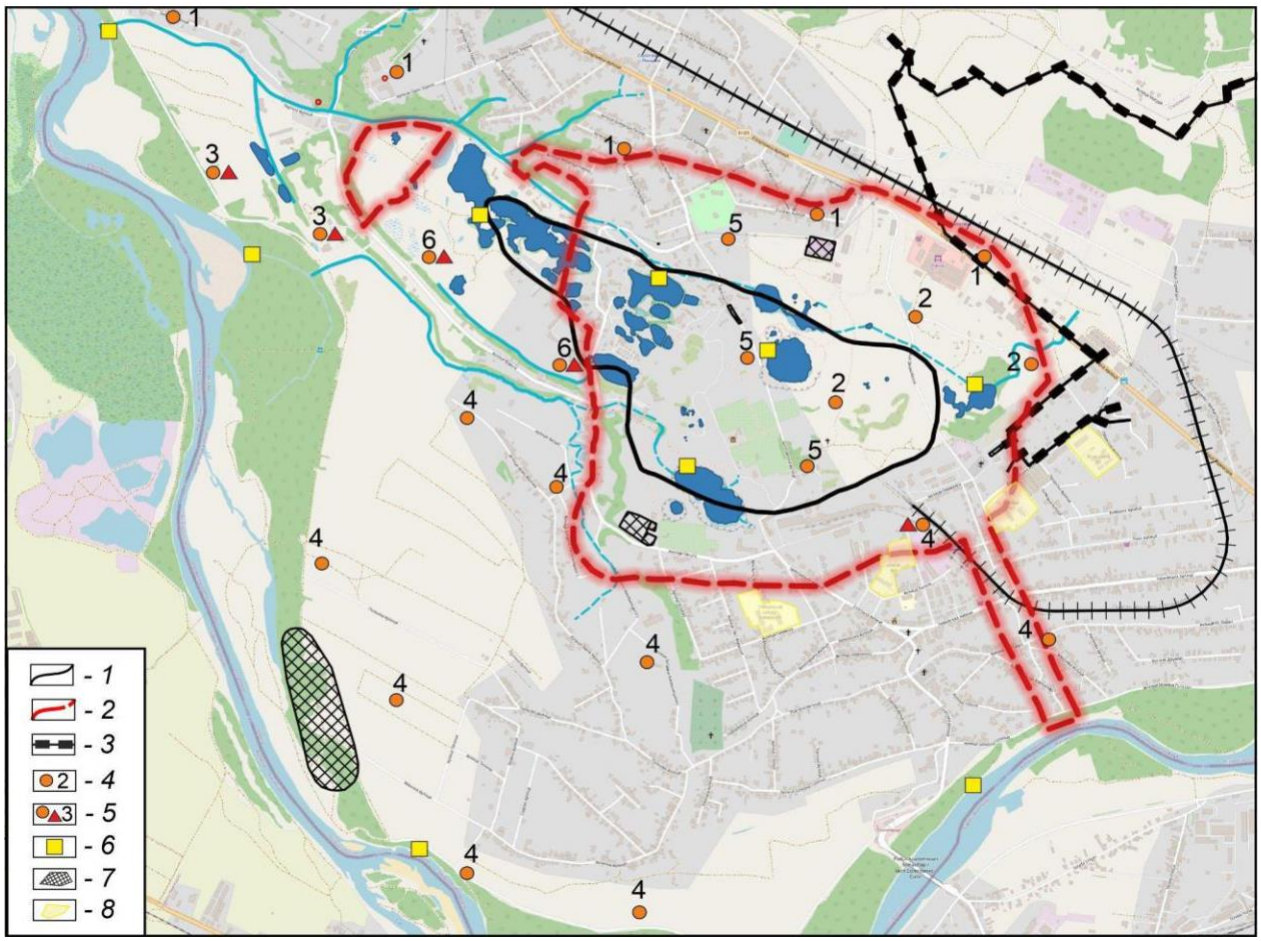


Figure 70. Complex Monitoring System Plan of the Solotvyno salt mine area and its surroundings: 1 – contour of the salt dome structure on the surface of alluvial sediments; 2 – zone of technogenic impact of salt mines and development of the hazardous exogenous geological processes; 3 – gas pipeline; 4 – project monitoring hydrogeological observation point (well) and the number of the consolidated geological section type according to lithological data; 5 – project monitoring hydrogeological observation point (combined point, which consists of two wells: for the Quaternary unconfined and Tortonian fractured aquifers) and type number of the consolidated geological section according to lithological data; 6 – project monitoring hydrological observation point; 7 – critical infrastructure objects; 8 – preschool and school educational institutions

Table 3. Planned Complex Monitoring System

#	Methods of geomonitoring	Purpose (information gained)	Details	Frequency
I	Remote sensing (satellite radar monitoring of ground surface deformations using DInSAR with corner reflectors)	Assessment of displacements and deformations of the ground surface using interferometric processing of satellite radar monitoring data	The corner reflectors' location scheme within DInSAR studied area (PS & SBAS techniques)	Twice a year April & November
II	Hydrological and hydrogeological monitoring	Quantity (water levels & flow rate for hydrological observation points (river, springs) Quality & chemical composition (temperature, pH, conductivity, TDS (total dissolved solids), alkalinity, acidity, hardness, sodium, chlorine, sulphates, macro-, microcomponents - Br, I)	Contains: - **9** hydrological observation points (4 – Tisza River; 3 – lakes, 2 – flooded mines #7, 8 collapses); - **24** hydrogeological observation points / wells (including 5 combined points which consist of two wells: for the Quaternary unconfined and Tortonian fractured aquifers)	Monthly (quantity) Monthly (quality - automatically measured parameters) Quarterly (sampling for laboratory analysis)
III	Geophysical survey within the revised risk area	Assessment of geological environment state (stability) Estimation of geophysical anomalies Microgravity – new data on surface structure changes of the salt dome and overlying rocks	Containing microgravity, geoelectric and seismic methods	Annually (during groundwater low period)
IV	Geodetic survey	Verification of remote studies of the ground surface deformations (interferometric processing of satellite radar monitoring data)	Sites of critical infrastructure objects and large housing complexes areas (permanent residence); within sites adjacent to the mine collapses and mining facilities (water drainage galleries, water drainage systems, etc.; as well as an abandoned military facility (fuels storage)	Annually (during groundwater low period)

V	On-site inspection (field visual monitoring observations) of hazardous geological processes development	to examine and evaluate the current environmental state of the area data collection and analysis on karst development (sinkholes: geometric dimensions and frequency of occurrence, ground subsidence etc.)	Field visual monitoring observations of hazardous geological processes development for critical infrastructure objects sites and large housing complexes areas (permanent residence); within sites adjacent to the mine collapses and mining facilities (water drainage galleries, water drainage systems, etc.; as well as an abandoned military facility (fuels storage)	Twice a year
VI	Modeling	Improvement of hydrodynamic model based on hydrological and hydrogeological monitoring data		Up-to-date actualization according to hydrological and hydrogeological monitoring data obtaining
VII	Risk assessment	**Analysis of** hazardous geological processes development; Reassessment of high risk zone of technogenic impact of salt mines and development of the hazardous exogenous geological processes		Up-to-date/yearly

Table 4. Description of the conditional area with a combined lithological section (observation point)

№ of a conditional area with a combined lithological section (observation point)	№ of wells included in the conditional area	Top, m	Bottom, m	Water level, m	Lithology
1	MON-16, g-40/1957, g-17/1957	0,0 1,7 12,4	1,7 12,4 20,5	3,3	Clay Gravel, pebblestone Mudstone
2	MON-12, 14/1957, 15/1957	0,0 26,2 106,8 127,9	26,2 106,8 127,9 433,0	12,0	Pebblestone Siltstone and mudstone interlayering Mudstone Rock salt

3	MON-8, MON-9, g-42/1957, g-48/1957	0,0 4,4	4,4 9,2	3,2	Pebblestone Mudstone
4	MON-4, MON-5	0,0 8,1	7,2 12,0	5,4	Pebblestone Clay, mudstone
5	MON-13, 25/1957, g-61/1957	0,0 13,7 46,1 70,7	13,7 46,1 70,2 184,5	10,2	Pebblestone Mudstone, clay Sandstone and siltstone interlayering Rock salt
6	MON-10, 60/1970	0,0 4,0 8,0 216,7	4,0 8,0 216,7 543,0	3,4	Pebblestone Clay Mudstone and sandstone interlayering Rock salt (well 60/1970)

Monitoring wells design of conditional areas with combined lithological sections (hydrogeological observation points for the Quaternary unconfined and Tortonian fractured aquifers as examples) are shown in the Figure 71.

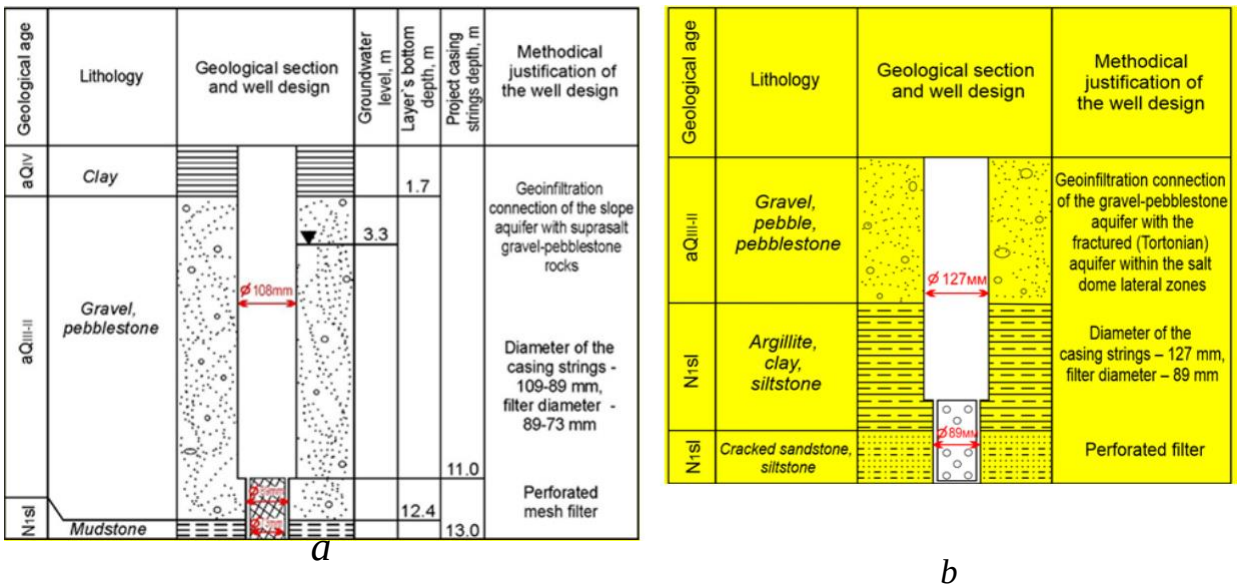


Figure 71. Consolidated well design of monitoring hydrogeological observation point: a – for the Quaternary unconfined aquifer (conditional area No. 1); b – well design of observation point on the fractured (Tortonian) aquifer

Conclusions

- **Operation of the monitoring system are required for the sustainable use of natural resources (brines and rock salt) and protection against transboundary spread of surface and underground water pollution.**
- **Based on obtained studies results (field observations, remote sensing satellite radar monitoring data analysis, geological and hydrodynamic modelling) the complex monitoring system plan, which fits into the wider regional framework for tracking the surface and near subsurface water qualitative and quantitative changes and the ground surface deformations in Solotvyno area have been developed.**
- **Planned Complex Monitoring System includes monitoring of ground surface deformations using DInSAR; hydrological and hydrogeological monitoring (water quantity & quality); geophysical survey (microgravity, geoelectric and seismic methods); geodetic survey; on-site inspection of hazardous geological processes development; modeling (up-to-date improvement of hydrodynamic model); risk assessment, preliminary substantiations of protective measurements.**

- **The implementation of a monitoring system with an integrated permanent hydrodynamic model should become a tool for managing the use of natural resources in the Solotvyno settlement – brines and rock salt – as the main factor for its sustainable economic and social development.**

4. Summary of achievements and conclusions

4.1 Suitable and sustainable salt-water management

The investigations and previous analysis of collected data (geological, hydrogeological water quality and quantity) of Solotvyno salt mine area revealed that the groundwater in the area has deteriorated. The model results revealed that the flow direction is going toward the Tisza River carrying salt-water from the mining area to the river. For sustainable salt-water management in the area sustainable solutions should be provided to protect the area and Tisza River from contamination based on hydrological model results. As suggested from previous studies, re-open the salt mining

in this area with new constraints could help in solving the problem, but if it is not possible other options can be provided and assessed through modelling and investigations. The solutions depend on different parameters including, the flow direction, amount of water, types of salts and concentrations and different activities in the area.

For salt-water management in the study area, we suggest three different techniques based on the available data and investigations:

1. Design and construction of a dewatering system surrounding the cultivated mining area for protecting the area and Tisza River from contamination. The wells system abstracts the contaminated water and pumps it to a small treatment plant. The dewatering could help in lowering the groundwater level in the study area and prevent the flow of contaminated water to the Tisza River. The abstracted water can be treated in a treatment plant according to the type of contaminants and concentrations then used for different purposes such as agriculture, irrigation of farm trees and green areas, etc.
2. Design and construction of vertical barriers from impermeable materials surrounding the cultivated mining area that prevent the movement of groundwater flow towards the Tisza River. This could intersect the flow direction and direct it to other directions based on the topography and land use.
3. Design and construction of French trench surrounding the cultivated mining area that consists of vertical trench filled with permeable material that direct the flow into a pipe with holes laid at the base of the trench with a slope that direct the water to sumps then the collected water can be collected, treated, and used for different purposes such as agriculture, irrigation of farm trees and green areas etc.

The above three techniques can prevent the movement of contaminated water into the study area and towards the Tisza River. The techniques should be modelled using hydrological model and select the best alternative then design the selected one based on the hydrological model results as following:

1. The first technique requires selection of well locations that intersect the flow direction towards the river, determine the number of wells, diameter, depth, spacing between wells and abstraction rates. The design of the treatment plants should be provided based on the capacity of the plant and the uses of water can be selected based on the activities in this area.

2. The second technique requires selection of barrier locations that intersect the flow direction towards the area and the river, determine the width and depth of the barrier and then select the material that will be used.
3. The third technique requires selection of trench locations that intersect the flow direction towards the river, determine the width and depth of the trench and then design the pipe and the sump that will be used to collect the water. The collected water can be used for different purposes after treatment.

All the above systems need the establishment of a monitoring system consisting of piezometer wells to monitor the changes in groundwater levels and take samples for water quality assessment.

Also, the flooding due to heavy rain should be assessed and the direction of flood can be diverted or controlled using some structures such as dams to prevent the flow loaded by salts that go to the Tisza River and cause contamination.

Finally, <u>the first stage</u> of the project has been done with aims of monitoring and investigation of the problem and detecting its causes and spread of the contaminants in the area.

We suggest <u>a second stage</u> of the project that could assess different techniques for management of salt-water in the study area and Tisza River. Then select and design the best technique that can be implemented to protect the area from contamination based on social, economic, and environmental aspects.

4.2 Ground movements and assets protection (buildings, infrastructures)

It is of great importance to reconsider land use and urban planning according to hazardous areas as the situation is still quite uncertain especially regarding the underground and groundwater movements and land movement in deeper layers.

The socioeconomic damages and the negative economic impacts would be much higher in case the subsidence and landslide affect a public institution or a public utility as relatively low numbers of households are in imminent threat. In Solotvyno both are possible. The incidental damage of the gas pipeline, the drinking water or the electric power system would generate

enormous losses for the settlement, not to mention the transport system, because the main road and the railway ensure the transport of the local products and resources in the potentially affected zone. Without these connections the local factories and businesses would be out of operation. Moreover, a school, a kindergarten and two municipal institutions are in the danger zone too, where the affected social groups are outstandingly vulnerable.

Recommendations

- Rethink the land use planning and urban development policy by strict zoning and strict construction permits that push new developments to focus on areas with low hazards.
- Support mobile structures and buildings of high-quality materials that can be more resilient to landslides, cracks and other movements.
- Adapt a monitoring system and survey from time to time the condition of buildings.
- Relocation and any new developments of larger scale should consider the wider socio-economic relations, the urban fabric and community ties within the settlement, and territorially integrated approach should be supported that stretches beyond the sole demolition and construction of individual buildings.

4.3 Protection of environment

4.3.1 Solid waste management

One of the most crucial areas to reinforce protection of the environment is to support a comprehensive waste management system. The proportion of recycling is very low. Depositing of the waste in landfills is the accepted and common way of waste management; the proportion of this method in Tiachiv Raion was 97.9% (5 894.8 tons) in 2020. The official landfill is located next to the hole of mine 7, which has a negative effect on the local waters and soil. Since there is no other place to bring waste, this is the only landfill around.

The reform and development of strict waste management is crucial because the landfill-usage and the unregulated disposal of solid waste are a great risk to health and the environment, since it does not just impair the quality of the salt resource, the drinking water and the fresh water of the Tisza, but it deprives the region of its potential developmental opportunities (tourism etc.).

Recommendations:

- It is recommended to cooperate in creating, maintaining, and developing waste management systems by building knowledge exchange opportunities as well as technology transfer, know-how exchange with the Hungarian organisations responsible for waterworks and sewage treatment.
- Encourage circular economy approaches, first by improving waste processing that can also provide additional jobs and income.
- Eliminate illegal ad hoc landfills and filled sinkholes along the floodplain of the Tisza in and around Solotvyno. Try to reuse or recycle the removed materials and waste.
- Establish a new modern landfill facility of EU standards further away from the river and the salt mines, and protect the surface and ground waters from pollution and transmission.

4.3.2 Protection of the Tisza River

Salt loading of the Tisza is a long-term process, probably lasting several decades, but it was mostly hidden due to the lack of control, monitoring stations, and larger and more spectacular mine disasters.

From around the end of 2006, spectacular sinkholes and craters were created, which are still visible today and they enlarge over time. Due to these phenomena, extremely high values of electrical conductivity (EC) and chloride content exceeding the limit were measured in the Hungarian section of the Tisza and in the Tisza section of the Hungarian-Ukrainian border section, already in 2008. (Figure 72)

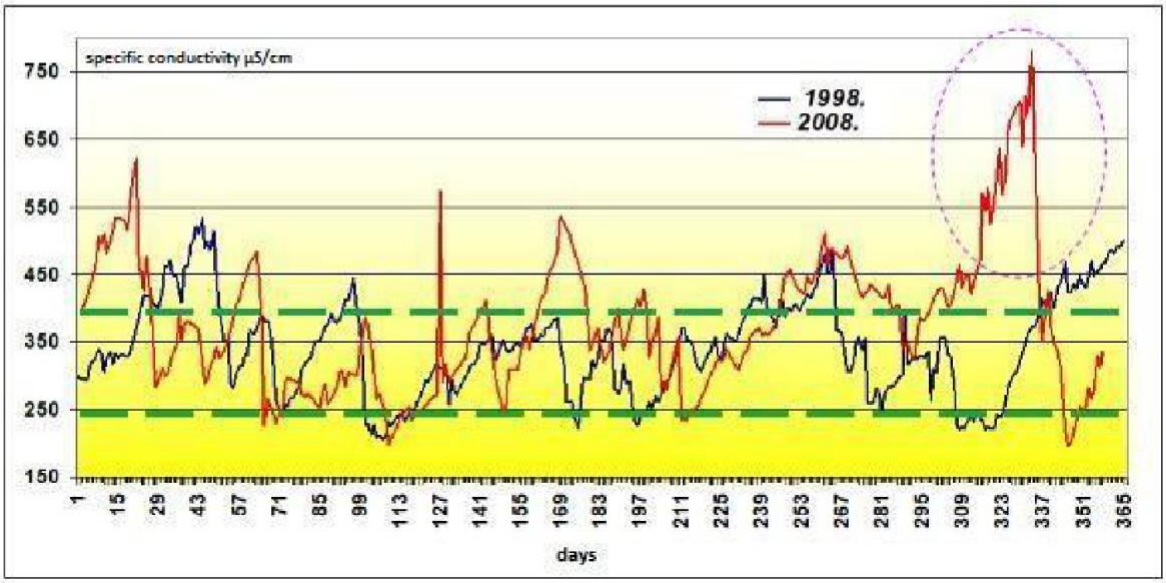


Figure 72 Specific conductivity values measured in 1998 (as an average year) and 2008 above Szolnok in the Central Tisza, Hungary (µS/cm) *(Middle-Tisza Regional Water Directorate, Hungary, 2008)*

To protect the Tisza and preserve aquatic life, it is extremely important from a biological point of view to know the inorganic chemical elements (Halobiotic elements/components), such as organic ion composition, total salt concentration, pH, conductivity, etc.

Accordingly, - within the framework of the project – in the downstream direction tests were carried out at sampling points examining the Tisza River and its sediments. The locations and the results summarizing them are shown below (Figure 73).

Figure 73 Locations of water chemistry and sediment sampling sites along the Tisza River *(Geogold Ltd))*

Based on the data of the water chemistry tests, **the EC values of the Tisza water measured downstream at Solotvyno increase monotonically from EC= 231 µS/cm to EC=1740 µS/cm.**

Measuring point F 16, - at the mouthing of the Glod – watercourse -, represents a direct salt load on the Tisza River from the Glod.

In the measurement period lasting up to 07.2020 and 09.2021 was proven that the Glod – watercourse collected the salty waters pumped out by the previously functioned North dewatering gallery system and the mine. Currently is charged by the waters of the salty lakes, and salty pools of Solotvyno.

The natural source of the salt load is therefore the leaking water coming from the direction of the Solotvyno salt dome, as well as the drainage of anthropogenic water withdrawals (used water of open-air baths) into the Tisza River.

Figure 74 The Glod – watercourse (measuring point F 16), which today collects the water of the salt lakes used for bathing and leads it into the Tisza (in the background) *(Googol Ltd))*

It is recommended to install a permanent water quality measuring station below the SED 6 measuring point downstream from the confluence of the Glod – watercourse (Figure 27). Following, establish a reference station measuring the water quality of the Tisza upstream from the SED 1 measuring point, and a measuring station (so, altogether three stations) measuring the effect of the still partially working Southern branch of the Tisza dewatering gallery. This should be located at the section of the Ukrainian-Romanian road border bridge, or a little further downstream from it.

The195oneed three Tisza measuring stations can thus 195onected to the water quality measuring station previously established at Técső (Tjachiv), which is 35 river kilometers downstream from Solotvyno, as part of the Transnational Tisza Monitoring System.

6. Vision and proposals for revitalization of Solotvyno – further actions for the revitalization process

6.1 Sinkhole/crater management & land use revision connecting to the risk mapping (projections for the future, possible re-utilization of the craters for anything)

- Some of the former mining facilities and premises could be targets of innovative sports and recreational developments such as extreme sports, urban games, escape rooms,

theatre etc. as well as interactive open-air and underground exhibitions. Risk assessment is a must here, however, before any decisions are made.

6.2 Salt water and lakes management (water management, health & public tourism Recommendations

Tourism is a relatively new, growing field of the local economy that can serve employment and additional income for the region**.** The use of salt (and salt lakes) for tourist purposes as developing resources in Solotvyno began in the 1970s, but it was enhanced mostly just in the 2000s, when mining could not employ as many people as before. Incomers bathe in the lakes formed in the former mining area, furthermore more and more fresh and saltwater pools have been established. Tourism has become a major sector that shapes the status of the whole hromada, and there is a shift towards recreational and medical tourism. Medical tourism has widened with spa tourism**.**

It is important to highlight that the mere existence of salt is not sufficient for sustainable economic and social development, there should be good quality of services, accommodations, leisure activities, medical treatment and decent infrastructures and equipment, which can ensure the basis of qualitative tourism.

Despite the majority of houses in Solotvyno being connected to a sewer, the sewage treatment facility built in the 1970s does not work properly and the wastewater flows almost directly into the Tisza river. In the last decades updating the sewer system enjoyed lower priority than improving drinking water supply. In addition, from other parts of the settlement the wastewater flows directly into the sinkholes without any filtration, which further enhances the occurrences of landslide and subsidence. Moreover, due to subsidence many sewage water pipelines were possibly broken and remained hidden contaminating groundwater.

After the closure of the salt mines, the tourism industry – currently the main sector that provides workplaces for the locals – was able to survive the local economic recession. It is mainly the pollution of saline water which deteriorates the tourism potential of Solotvyno. It is important thus to limit water and soil pollution by limiting the leaking, the transmission of polluted materials and groundwater, increasing the level of treatment.

The growth of the tourism sector cannot be achieved without preventing the spread of water pollution. The local salt resource is the most important value of the area, and currently it gives the

brand of Solotvyno. However, if this geological resource is polluted further, Solotvyno will not be able to utilise this special endowment anymore.

- Support local people to be part of the sector by encouraging quality improvements for them to be involved in the accommodation sector as well in the selling of local products and souvenirs.
- Initiate contacts with spa towns of European expertise.
- Those kinds of investments should be supported which are further away from the risk zones, and which encourage the shift to quality tourism and the introduction of complex new health services and medical treatments.

6.3 Spatial planning and development plan for renewing the recreational freshwater lakes

The growing number of guests triggered the development of tourism infrastructure, namely accommodation and catering, and the hospitality sector. Solotvyno became a true recreational centre with hotels, bars, and other accommodation facilities. The infrastructure was built up spontaneously and it focused mainly on the Salt Lake Kunigunda which was divided by small dams to ensure the decent water level for the bathers (Stoeckl et al., 2020). Speaking of the accommodation facilities, during the summer main season sometimes even more than 2000 tourists are accommodated locally (interview with Mr Kocserha, 2022). As a relatively new phenomenon bigger and higher quality hotels are being built. A total number of more than 60 accommodation units operate; some of them host few dozens of tourists, while others are larger facilities. In addition, many other private accommodation units (family houses, flats) offer additional beds to the larger accommodations. However, despite this positive process of tourism growth, there is a growing need for spatial and land use planning that serve both the further development of the tourism sector and the sustainable development principles to better protect and utilise the territories around the freshwater lakes.

There is a constant danger of landslide and subsidence deterring the new investors and companies, as they do not want to invest in a risk zone. In addition, there are some smaller scale land movements around the recreational area of Solotvyno too. Local businesses try to mitigate and react to these processes, however according to local sources no major steps forward took place recently.

- The sources of pollution and the spread of it should be localised to avoid contamination, making tourism impossible or at least less attractive.
- Sustainability in tourism should be increased to find a balance between further development of the sector and the quality of the environment.
- Only those new developments should be authorised which keep in mind the environmental hazards and risk (e.g. the contamination of water bodies, or collapse of buildings).

6.4 Opportunities for a new mine opening

Considering recent changes and circumstances, there is a potential to restart mining at a larger scale (according to Deputy Mayor osf Solotvyno). With the war-related problems in the largest salt mine of Ukraine, at Soledar Salt Mine of Donetsk Oblast, which offered salt for many Eastern European regions, the role of the resources in Solotvyno have gained higher importance. Salt became a demanded product in the rest of Ukraine. The reopening of mines would create impetus for the development of the new industrial park as well, where a processing plant could be set up. Still, past and present recommendations should be taken into account in case the mining activity is planned to be increased.

Salt mining has a long tradition in Solotvyno given that the development of modern-day Solotvyno was based on mining in the first place. This also means that the situation of salt mining shapes the present and future of the local economy, and it is not secondary to what will happen to the sector.

Recommendations

- It is a topic of further investigation to find out if it is environmentally and economically feasible to support the redevelopment of the salt mining sector. Strict and improved monitoring should be deployed in case of positive answers.
- Salt processing and products based on salt mining should be supported more compared to previous times meaning salt can be considered more than just a raw material to mine in large amounts.

6.5 Health Center/Hospital possible re-opening

Two hospitals can be found in Solotvyno which are important socio-economic assets of the settlement. The hospital, maintained by the oblast of Transcarpathia, treats 100 patients with asthma and respiratory diseases. In the national hospital 350 patients are treated. More than 500 people worked in the two hospitals making it an important sector of the settlement. It would impact the whole hromada if the hospital stopped its operations given that many intellectuals, doctors and other crucial local workforce and human capital can be kept by having these health care institutions. Since the health benefit of the underground chambers is of great importance, underground allergology hospitals were established which received patients not just from Transcarpathia, but from other parts of Ukraine mainland. After the closure and the instability of the mines, the hospitals could not use the chambers anymore. There is still a great demand for hospital treatments connected to salt, which is a huge potential for Solotvyno, if the whole situation is properly managed and controlled.

6.6 Health & Culture Tourism in cooperation with Sighetu Marmatiei

Potentials lie in being in a stronger functional integration with Sighetu Marmației, Romania. Sighetu Marmației was the former centrum of the transboundary Marmarosh Basin, the historical centrum of the wider area, Sighetu Marmației, which concentrates more than 30 000 inhabitants and provides services with regional importance on the Romania's side, but partly also for Romanians living in Ukraine. The ethnic heterogeneity of Solotvyno, which is the centre of people of Romanian origin living in Transcarpathia, supports mutual understanding, peaceful intercultural and cross-border cooperation, furthermore the language knowledge supports easier business, labour and tourism connections, interactions with the Romanian partners. Border crossing infrastructure has been improved (2007: new bridge across the Tisza, 2024: four lane bridge at Bila Tserkva to be built). As the influencing zone of Sighetu Marmației gets less distorted and truncated by the border owing to new transport links, and as Ukraine's European integration gets new impetus, vivid relations could be built in certain fields with the largest city in the vicinity of Solotvyno, Sighetu Marmației.

Recommendations

- Try to better build upon the potential lie in the cross-border influencing zone of Sighetu Marmației by initiating cross-border more institutionalised cooperation forms and governance structures (e.g. urban platform).
- Focus on urban functions, institutions, and services of regional importance (tourism facilities, hospitals etc.) and attraction to maintain and strengthen urban development.
- Better base any sort of international relations including trade, tourism and culture on the multilingual and multicultural environment available in Solotvyno.
- Make Romania and Hungary, the national and local stakeholders in urban and regional planning, minority and cultural policy interested in investing in the joint heritage of the three countries (e.g. by supporting cross-border thematic cultural routes, reconstruction of historical monuments).

6.7 Improve & increase the public awareness.

The residents dispose of their domestic waste into the sinkholes, because the waste transportation system does not meet the needs of the hromada. Illegal littering contaminates the groundwater, the Tisza and the lakes, sinkholes too.

Recommendation

- Support awareness raising activities (e.g., by waste collecting and recycling competitions) among the local communities.

6.8 The former mine conservation as an industrial heritage

Many facilities within the territory of the mining company have collapsed and almost completely disappeared (e.g., carpentry workshop, sawmill, a mining tower). Out of the remaining constructions, e.g. the former directorate building is worth mentioning.

It is also important to preserve the mining heritage, because the equipment and the infrastructure still exist, and they belong to the cultural heritage of the region. Health tourism and tourism connected to the lakes can be supplemented by heritage tourism with unique attractions based on the industrial past.

Recommendation

- Mining and its transport can also be seen as a joint cultural heritage of the settlement and the wider region including the hromada of Solotvyno, which can support international tourism.
- Cooperation with other mining towns in the wider region as well as with other destinations along the international river of Tisza could be improved.
- In order to support Solotvyno becoming an integrated tourist attraction on the market, the hromada needs to build up a unified brand, which facilitates the partnership building among the actors of the local tourism sector. For instance, it is inevitable to develop an integrated destination management and a coherent product and service development, which fosters the establishment of quality tourism in the region. With these measures, Solotvyno will be able to represent itself at international level as well.

References

1) BGS Research (2016): Hazard response: Solotvyno sinkhole case study. British Geological Survey https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/sinkholes-research/solotvyno/

2) European Union Civil Protection Team (2016): Advisory Mission to Ukraine "Solotvyno salt mine area". RISK ASSESSMENT REPORT.

3) Onencan, A. M. – Meesters, K. – Van de Walle, B. (2018): Methodology for Participatory GIS Risk Mapping and Citizen Science for Solotvyno Salt Mines. Remote Sensing. Vol. 10., No. 11. DOI: 10.3390/rs10111828 (Onencan et al., 2018)

4) Onencan, A. M. et al (2018): ImProDiReT project. D 3.1 State of the art analysis.

5) Stoeckl, L. – Banks, V. – Shekhunova, S. – Yakovlev, Y. (2020): The hydrogeological situation after salt-mine collapses at Solotvyno, Ukraine. Journal of Hydrology: Regional Studies. Vol. 30. DOI: 10.1016/j.ejrh.2020.100701 (Stoeckl et al., 2020)

6) Shekhunova S.B., Aleksieienkova M.V., Stadnichenko S.M., Syumar N.P. (2015) The integrated geological model of Solotvyno structure as a tool to assess geoecological sustainability of Solotvyno rock-salt deposit', Collection of Scientific Works of the Institute of Geological Sciences NAS of Ukraine, 2015, vol. 8, 233-250. https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791 (In Ukrainian)

7) Shekhunova S.B., Aleksieienkova M.V., Stadnichenko S.M., Siumar N.P. (2021) Lithological model of the undersalt complex of the Solotvyno salt-dome structure. Collection of scientific works of the IGS NAS of Ukraine, №. 14 (2), DOI:10.30836/igs.2522-9753.2021.245822 (In Ukrainian)

8) Shekhunova S.B., Pakshin M.Yu., Stadnichenko S.M., Liaska I.I., Aleksieienkova M.V. (2021) The satellite radar monitoring of post-mining area (Solotvyno, Ukraine). Materials of the XV International Scientific Conference EAGE "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment", 17–19 November 2021, Kyiv, Ukraine. Mon-21-075, https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2075

9) Stetsenko B.D., Shekhunova S.B., V.M. Shestopalov, Yu.F. Rudenko, Stadnichenko, S.M. (2021) Hydrogeological problems of the Solotvyno rock salt deposit and their analysis using modeling (Ukraine). Collection of Scientific Works of the Institute of geological Sciences NAS of Ukraine, 14 (2). DOI: https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245937 (In Ukrainian)

10) Pakshin, M., Shekhunova, S., Stadnichenko, S., Liaska, I., 2021, The satellite radar monitoring for anthropogenic and natural geological hazards mapping within the Solotvyno mining area (Transcarpathia, Ukraine). European Geosciences Union «vEGU21». EGU21-8417. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8417