

M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőmérnöki Kar

**Szennyezés terjedés modellezése homokos-kavics
vízadóban**

Kerülő Orsolya
(építőmérnök BSc hallgató)

Konzulens

Dr. Török Ákos
egyetemi tanár

2021. november

Tartalomjegyzék

1. Célkitűzés	3
2. Vízbázis jellemzése	3
2.1 Földrajzi elhelyezkedés	3
2.2 Morfológia.....	5
2.3 Éghajlat.....	6
2.4 Ökológia	6
2.5 Terület használat változásai.....	7
2.6 Talajok.....	8
2.7 Geológiai jellemzők	9
2.8 Vízföldtani jellemzés.....	10
2.8.1 Pleisztocén folyóvízi hordalék	10
2.8.2 Fedőüledék	11
3. Vízföldtani modellezés	11
3.1 Modellezés módszertan	11
3.2 Alkalmazott módszer ismertetése, terület, bemenő adatok	12
4. Eredmények	16
4.1 Eredmények értékelése	16
4.2 Felhasználási területek.....	19
5. Összefoglalás	19
6. Summary	20
Köszönetnyilvánítás	20
Ábra és táblázatjegyzék	21
Ábrajegyzék.....	21
Táblázatjegyzék.....	21
Források	21
Nyomtatott források	21
Internetes források.....	22

1. Célkitűzés

A dolgozatom célja a kiválasztott területen található termelő rétegekre feltételezett szennyezőforrások által a talajba majd a rétegekbe történő szennyezők terjedését meghatározni. A kiválasztott területen különböző geológiai adottságú pontokon vizsgáltam a szennyeződés terjedésének gyorsaságát és jellemzőit. A fő célom az volt, hogy adott mennyiségű szennyeződés felszíni bejutás által mennyi idő alatt képes a víztermelő kutakhoz eljutni és bebizonyítani, hogy egy váratlan eseményre való felkészülésre mennyi idő áll rendelkezésre az adott probléma megoldásához.

2. Vízbázis jellemzése

2.1 Földrajzi elhelyezkedés

A vizsgált terület Magyarország ÉK-i részén helyezkedik el, Borsod-Abaúj-Zemplén megye K-i szélén a Bodrog folyótól körülbelül 4 km-re É-i irányban. (1. ábra)



1. ábra Sátoraljaújhely és környezete

Forrás: Google Earth

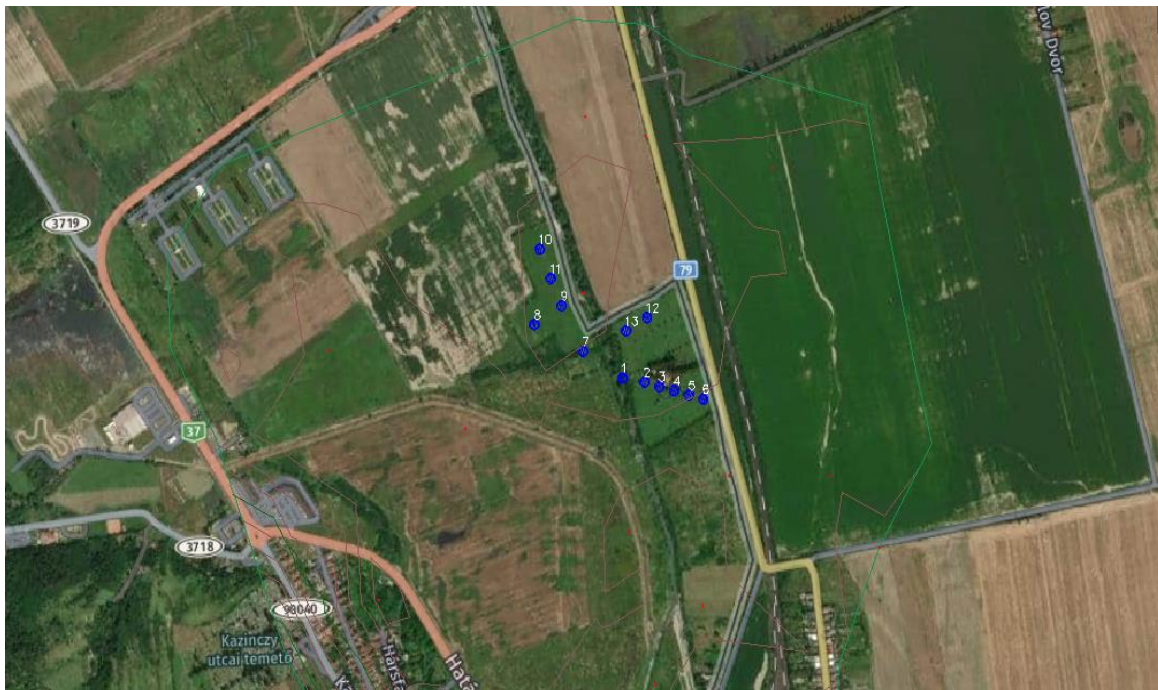
A vizsgálatban felhasznált kutak a Zempléni-Vízmű Kft. 13 darab északi vízmű termelőkútját érinti. A kutakat EOVS koordináták alapján Civil 3D program segítségével ábrázoltam, ami a 2. ábrán látható. A felhasznált koordinátákat és a kutakat jelölő sorszámokat az 1. táblázat tartalmazza.

Kút jele	Sorszám	EOV koordináták		Z [mBf.]
		Y	X	
Északi vízmű I. sz.	1	843479,11	344629,49	104,14
Északi vízmű II. sz.	2	843535,69	344619,59	104,30
Északi vízmű III. sz.	3	843574,45	344609,01	104,55
Északi vízmű IV. sz.	4	843613,18	344599,54	104,45
Északi vízmű V. sz.	5	843651,99	344589,20	104,09
Északi vízmű VI. sz.	6	843689,00	344579,19	103,70
Északi vízmű VII. sz.	7	843375,74	344692,89	104,58
Északi vízmű VIII. sz.	8	843249,56	344755,09	104,70
Északi vízmű IX. sz.	9	843319,9	344799,92	104,64
Északi vízmű X. sz.	10	843263,39	344933,29	105,23
Északi vízmű XI. sz.	11	843292,13	344864,19	104,90
Északi vízmű XII. sz.	12	843543,19	344771,69	104,90
Északi vízmű XIII. sz.	13	843488,24	344740,35	104,36

1. táblázat Északi vízmű koordinátái

Forrás: Vízbázisvédelmi Terv

A vízbázis pleisztocén eredetű homokos kavics összletre települt, ami a Ronyva és a Bózsva völgyét követi, ami Észak-Magyarországi-középhegység nagytájon, Tokaj-Zempléni hegységben belül Hegyalja kistájon található.



2. ábra Északi vízmű területe

Nyugati irányban is megfigyelhető az elvékonyodás és itt már a homokos murvás kavics már csak 3 m vastag.

A felszínen pleisztocén-holocén képződmények találhatóak, ami elfedi a felszínközeli völgyi kavics üledéket. Vastagságuk körülbelül 2-4 m iszapos agyag. Ez a réteg részben jó vízzáró, de a száradásos időszakokban a repedések miatt nem akkora mértékben jelent védelmet a területen.

A vízbázisvédelmi projekt keretein belül egyenáramú multielektrodás geofizikai vizsgálatot készítettek a vizsgált területről a Bózsva völgyében a patakmederre merőleges nyomvonalon.

Az eredmények alapján is látható, hogy a vízáadó kavicsos réteg az első vízmű vonalában már eléri a 30 métert. A Ronyva völgye bekapcsolódik a Bodrog völgyébe, ahol már a vízáadó teljes vastagsága 40-45 méter, viszont egyre több lesz az agyagos betelepülések, lencsék.

A déli vízmű kútjai a Ronyva és a Bodrog üledékei közötti átmeneti szakaszba települnek. Keleti irányban jól látható az eltérő üledékképződés, ami fésűsen rétegződnek.

2.3 Éghajlat

Az ország helyzetéből adódóan a mérsékelt övön belül, az óceántól viszonylag távol helyezkedik el a vizsgált terület, ezért kontinentális meleg nyarú éghajlat a jellemző, valamint a jól elkülönülő 4 évszak. A terület mérsékeltlen meleg, de a DK-i része mérsékeltlen meleg és száraz az É-i részek már a mérsékeltlen nedves övezet határán találhatóak. Az évi napsütéses órák száma 1850 óra körül van, ebből nyáron 740 óra, télen pedig 170 óra körülbelül. Az évi középhőmérséklet az északi területeken alacsonyabb, 8 °C, a délkeleti lejtőkön 9,5-9,8 °C. Az évi csapadékösszeg 600-620 mm körüli, de ezt is a terület helyzete befolyásolhatja, északon így több csapadék is hullhat. Az ariditási index is változó, de átlagban 1,15-1,20 között mozog. (Dövényi, 2010) A legjellemzőbb szélirány É-i, ÉNy-i és D-i. Az átlagos szélsősebesség kevéssel meghaladja a 2,5 m/s értéket. A nem túl hőigényes és közepes vízigényű növények termesztéséhez kedvező az éghajlat. (Péczely, 1981)

2.4 Ökológia

Az ország helyzetéből adódóan nyugat felől atlanti hatás érvényesül, délről mediterrán, kelet felől pedig szárazföldi hatás érezhető, valamint a Kárpátok és az Alpok is nagyban befolyásolják a klimatikus viszonyokat. Magyarország területén sok az endemikus (bennszülött) növény- és állatfaj, több mint 42000 állat és körülbelül 2250 magasabb rendű növény található. Hazánk több mint egyötödét erdő borítja, aminek területe folyamatosan növekszik. A vizsgált területen is jellemző a tölgyes uralta növénytársulások. A síkvidéken

régebben jellemző volt az erdős sztyepp, de ez mára már szinte teljesen megsemmisült, néhány magasabban fekvő területen található csak meg. A völgyekben égerligetek, fogas-ír található. A domb és hegyoldalakon árvalányhaj szinte mindig található, helyenként csenkeszes gyepp és cseplez meggy, törpemandula, magyar nőszirm is megfigyelhető. (Dövényi, 2010)

2.5 Terület használat változásai

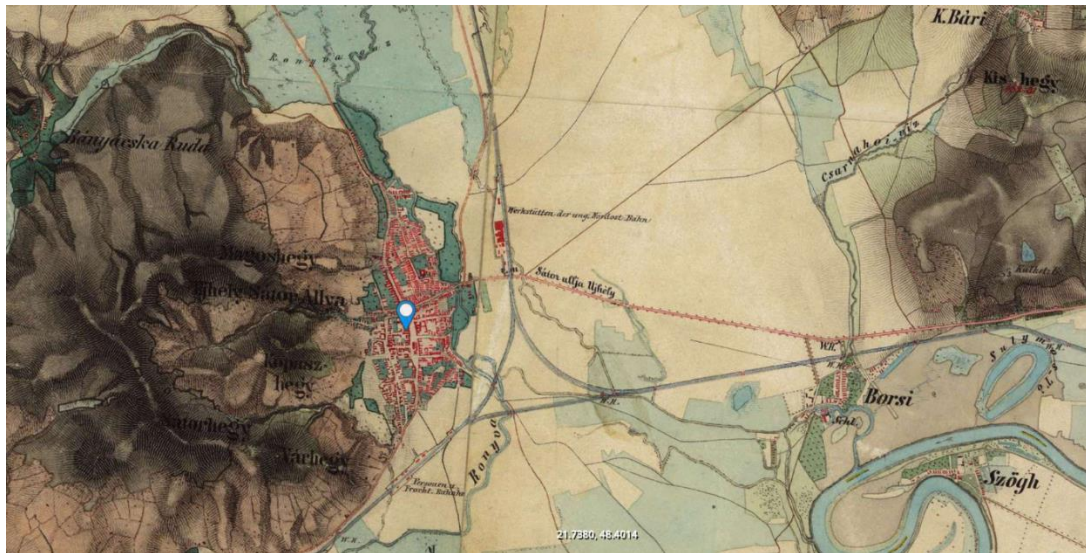
A vízgyűjtő területen korlátozottan végezhető olyan tevékenység, amely a víztestek állapotát rontaná, ezért a területhasználatot ellenőrizni kell. Figyelembe kell venni a csapadékból származó beszivárgási és lefolyási tényezőket is. Az első katonai felmérés, ami 1782-1785 között készült el jól látható, hogy a területet ártéri erdő borította. (4. ábra) A második katonai felmérés (1819-1869) már nem jelöl nagy méretű erdősülést, de a vízfolyás mentén szintén ártéri társulás volt a jellemző. (5. ábra) A harmadik felmérésnél már a mezőgazdasági művelés vette át a szerepet a területen köszönhetően a 19. századi folyószabályozás kedvező hatásainak. (6. ábra)

Napjainkba talajtani adottságoknak köszönhetően területhasznosítás legnagyobb részben búza, rozs, repce szántó művelésű, alma kertészeti termelés, valamint a közepes-gyenge termékenységű talajokon rét-legelő és erdőművelési ág.



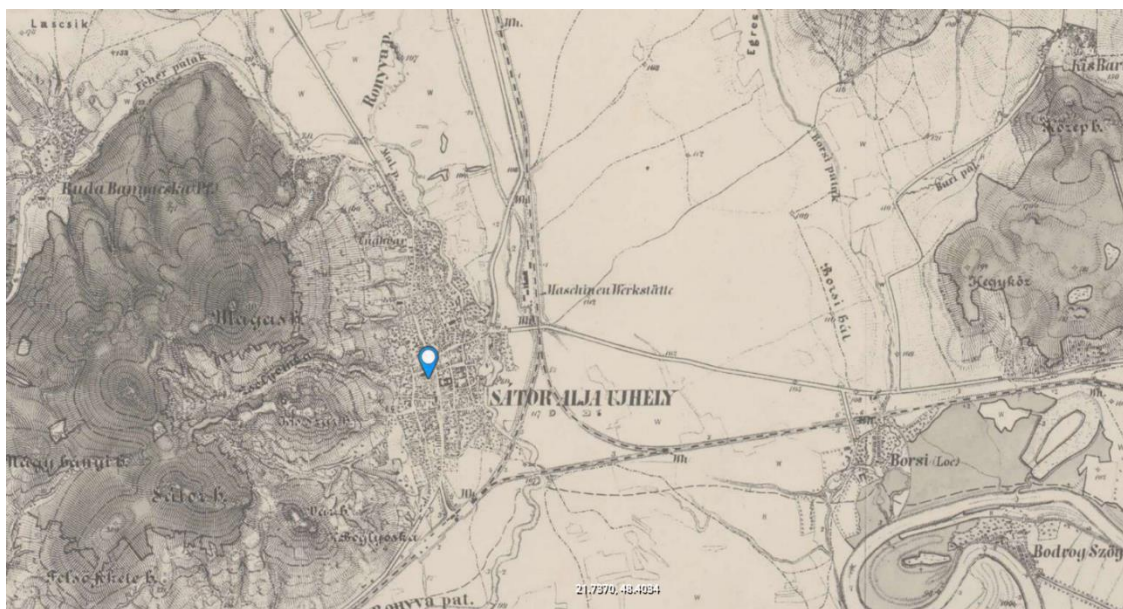
4. ábra Első katonai felmérés (1782-1785)

Forrás: Internet1



5. ábra Második katonai felmérés (1819-1869)

Forrás: Internet2

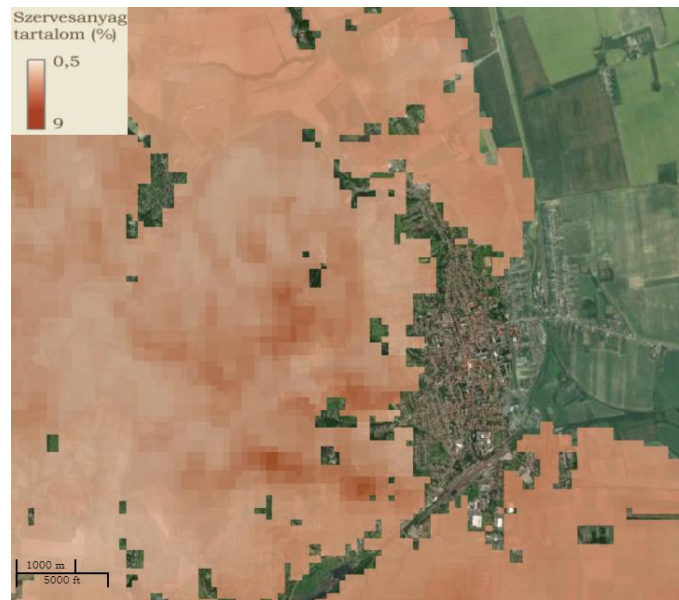


6. ábra Harmadik katonai felmérés (1869-1887)

Forrás: Internet3

2.6 Talajok

A vizsgált területen nagyrészt a folyóknak, patakoknak köszönhetően öntéstalajok, nem karbonátos öntés réti talajok alakultak ki. Az Északi telep ÉNY-i kis területén található csak nem karbonátos humuszos öntéstalaj. A szelvényekben a humuszos réteg átlagosan 20-30 cm vastag és 2-3% szervesanyagtartalmú.



7. ábra Szervesanyag tartalom

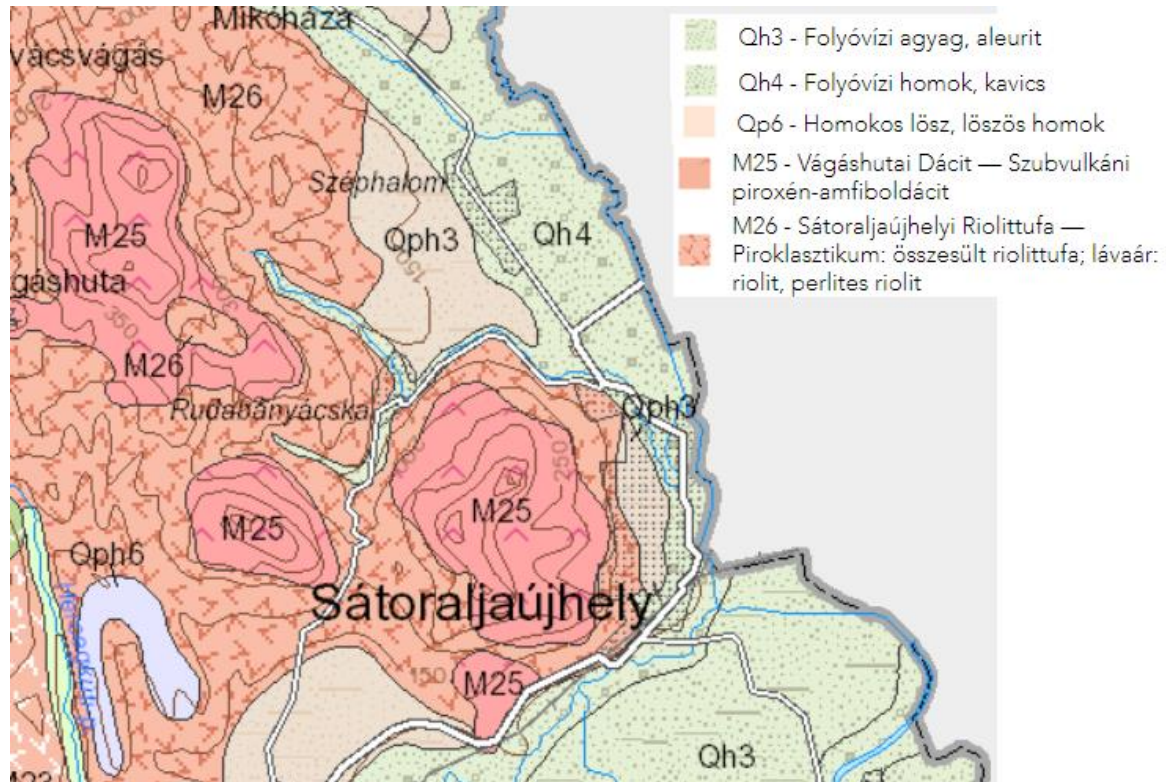
Forrás: Internet4

A talajok vízgazdálkodása kedvező, ártéri szinten alluviális, réti öntéstalaj található: közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó, gyengén savanyú, talajérték szám tulajdonságokkal (Stefanovits, 1963). A terület savanyodásra hajlamos ezért a későbbi növénytermesztés érdekében kémiai talajjavítást igényel (meszeztést). A porozitás javítására pedig a 60 cm mélységben történő mélyszántás lenne a megoldás.

2.7 Geológiai jellemzők

A terület Ny-i oldalát szarmata riolittufa építi fel, valamint a hegyoldalon a lávaárból származó perlites riolit található. A fekü anyagát ezért riolit építi fel. A hegység központi vulkáni területeit egy háromszintű, eróziós- deráziós hegyláb veszi körül. A geomorfológiai inverzió során a korábban kiemelt helyzetben lévő területek süllyedésnek indultak, miközben a korábbi üledékgyűjtők emelkedtek. A bádeni és szarmata korszakokban egyre nagyobb területeket borított be a tenger, ami fokozatosan beltóvá alakult és nagyrészt egész Pannon-medencét kitöltötte. A tóvá édesedő Pannon-tenger körülbelül 6 millió évig létezett és ez idő alatt átlagosan 1000 m vastagságú homokos-agyagos üledék halmozódott fel, ami a vizsgált terület rétegsorára is jellemző (Martonné, 2007). A beltavat a pannon végére teljesen feltöltötték a hegységekből érkező folyók és ezzel párhuzamosan alakult ki a Kárpát-medence ősi vízhálózata (Sümeghy, 1953). A tó eltűnéséhez pedig Földközi-tenger kiszáradása is hozzájárult, mivel a térségben beköszöntött a meleg és száraz éghajlat (Sümeghy, 1953). A harmad- és negyedidőszakban a terület folyamatosan süllyedt és a folyók folytatták a feltöltést. A vízadó

réteg homokos-kavics, aminek a 40%-hoz tartozó szemcseátmérője 12-16 mm közötti, eredete pedig feltehetőleg a Zempléni-hegységet felépítő vulkáni eredetű kőzetek (andezit és riolit), valamint a hegylábi, hegységperemi törmelékből származik. A 8. ábrán a terület földtani térképéből is jól látható. A területen az Ős-Bodrog, Ős-Ronyva a pleisztocén idején változó hozamú folyók voltak, amik a terület alakulását jelentős mértékben befolyásolták, így alakulhatott ki az osztályozatlan kavics összlet, amiben vékony agyagesíkok és lencsék ékelődnek be, ami a nyugodtabb, kevesebb hozamú időszakokról tanúskodnak.



8. ábra Földtani térkép

Forrás: Internet5

2.8 Vízföldtani jellemzés

A választott terület a Tisza vízgyűjtőjéhez tartozik, azon belül pedig a Bodrog folyóban egyesül a területet meghatározó Ronyva és Bózsva patak.

2.8.1 Pleisztocén folyóvízi hordalék

A negyed korban a Bodrogköz és a Ronyva völgye jelentősen feltöltődött. A két vízfolyás hordalékkúpjai fokozatosan egybeolvadtak, mért határvonal nem is húzható közöttük. A Ronyva kavicsos rétegeit az 1900-as évektől hasznosítják a települések vízellátására. A magyar és szlovák határ miatt nemzetközi egyezmény szabályozza az itt található rétegekből a kitermelés mennyiségét, ami 8000 m³/napot jelent.

A kavicsos üledék megtalálható a Bózsva völgyében is, mely szintén bevágódás során keletkezett és rakódott le a völgyek talpán. Lényeges vízföldtani körülmény, hogy az északi irányban elvékonyodó Ronyva menti üledéket több határon túli vízmű is használja (2800m³/nap), addig a Bózsva patak völgyének üledékében tárolt, illetve áramló víz teljes mértékben átadódik a Ronyva menti vízáradó rétegbe, éppen a vizsgált Északi vízmű közelében.

A Bózsva körülbelül ötször nagyobb hozamot szállít, mint a Ronyva, mégis nagy szerepe van ennek a nyugati vízgyűjtő területnek is.

2.8.2 Fedőüledék

A völgy keleti és nyugati oldala között jelentős a különbség. A keleti oldalon fokozatos a vastagodás figyelhető meg átlagosan 5 méter minimálisan a peremek felé, addig a nyugati oldalon 5 méter a maximális fedővastagság. Az összetétel is más a két területen, keleten a fedő agyagosabb, vízzáróbb, eközben nyugaton homokos-iszap, -agyag jellemző.

Ártéri képződmények vízelvezetés szempontjából a vulkanitokkal egyeznek meg. Az agyagos összetételű fedőréteg a szárazabb időszakokban kiszáradnak, emiatt megrepedezik és a beszivárgó víz könnyedén alsóbb rétegekbe jut. A nedves időszakban a repedések nagyrészt visszazáródnak és kialakulnak belvizes területek.

3. Vízföldtani modellezés

3.1 Modellezés módszertan

Különböző szoftveres hidrológiai modellek napjainkban lehetővé tették a hidrológiai folyamatok pontos ábrázolását. Ezek az alkalmazások matematikai módszerekkel jól közelítik meg a természeti folyamatok leírását, különböző szükséges paraméterek megadásával. Alkalmask felszínen és felszín alatti hidrológiai jelenségek térben és időben történő előrejelzésére, valamint az emberi tevékenység hatásának ábrázolására (Tamás, 2009). Ha megfelelő, pontos, reprezentatív input adatokat adunk meg, valamint a szükséges modellt választjuk ki az adott probléma megoldásához, akkor megfelelő eredményeket fogunk kapni, amikből pontos következtetéseket tudunk levonni.

Napjainkban sok és egyre pontosabb alkalmazást használhatunk a problémák megoldására. Ezek közül néhány programot ismertetek. 1990-ben megjelent V2SDI program csomag, ami telítetlen és telített zónák áramlástani modellezésére alkalmas 1 és 2 dimenzióban. A szoftvernek 3 fő alkalmazási módja van, folyadék és oldottanyag transzport modellezés, energia és hő transzport és önálló adatfeldolgozó a futtatási eredmények kiértékeléséhez. (V2SDI)

A telítetlen zónában alkalmazható programok közül a Hydrus-1D 1998-ban jelent meg, ami víz és oldott anyag transzport modellezésre alkalmas és 1 dimenziós véges elem módszert használ és az eredményeket grafikus módon ábrázolja. 2006-ban megjelent a Hydrus 2D/3D, ami már teljesen új grafikus környezetet használ, ami 2 és 3 dimenzióban ábrázolja a víz, hő és különböző oldott anyagok transzportját. A számítás egy paraméter optimalizáló algoritmussal dolgozik a különböző transzport anyagok paramétereinek inverz becsléséhez.

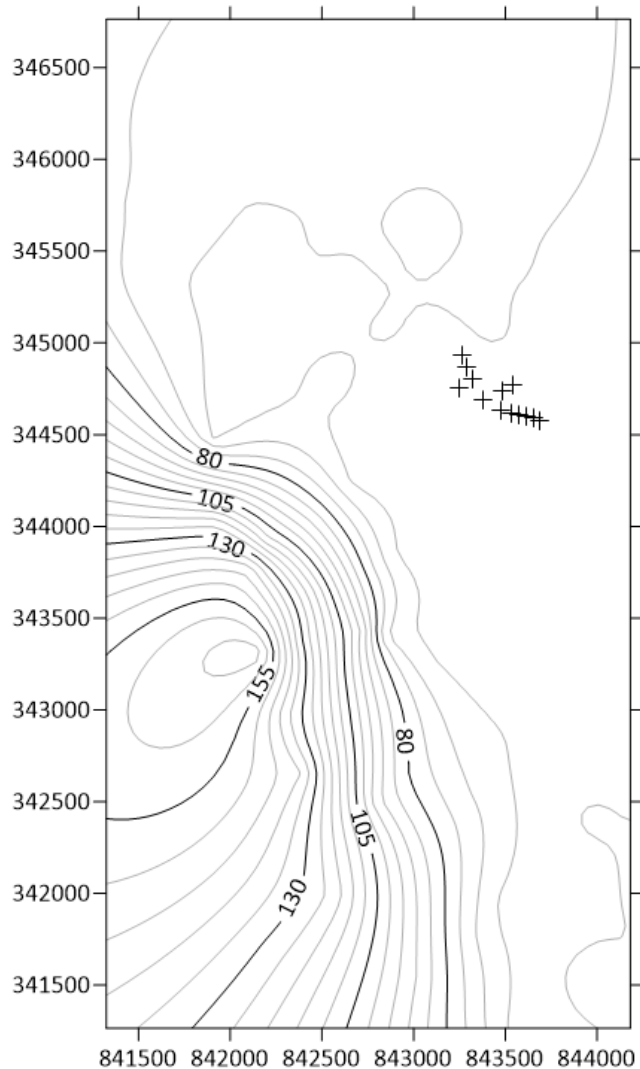
A telített zóna modellezéséhez is számos program ad megoldást. Az egyik legelterjedtebb és leginkább alkalmazott szoftver a MODFLOW, amely különböző módon alkalmazható a felszín alatti vizek áramlási modellezésére (Pathak et al. 2018). A később részletesen ismertetett MODFLOW-hoz fejlesztett MT3D (1990) és MT3DMS (1999) programok. Az MT3DMS egy többkomponensű transzport számításra alkalmas, ellenben az MT3D programmal. A számítás során a bomlást, lineáris és nem lineáris adszorpciót, valamint az advektív diszperz transzportot is figyelembe veszi.

A FEFLOW egy viszonylag új szoftver, amit szivárgáshidraulikai, szennyeződés- és hőtranszport modellezésre alkalmas. Az elő és utófeldolgozás is lehetséges, valamint pontos szimulációkat hoz létre 2 és 3 dimenziós környezetben.

3.2 Alkalmazott módszer ismertetése, terület, bemenő adatok

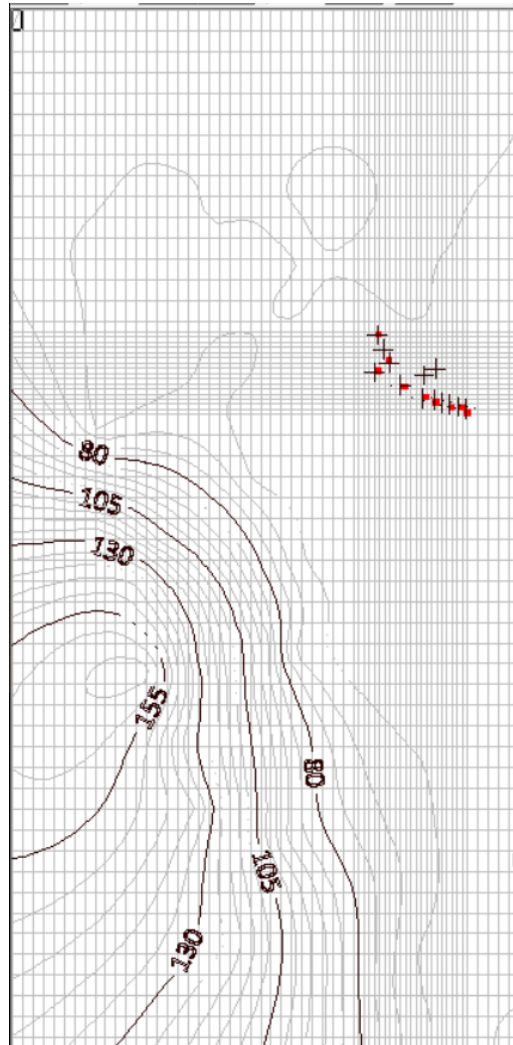
A számításokat a Processing MODFLOW for Windows környezetben végeztem. A Processing MODFLOW for Windows (PMWIN) egy teljes, háromdimenziós környezet, talaj- és rétegvíz-áramlási (hidrodinamikai) és transzport-modellezési feladatok megoldásához. A PMWIN program professzionális grafikus megjelenítést, véges differencia módszert alkalmazó hidrodinamikai modellt (MODFLOW), a hidrodinamikai és a transzportmodell kalibrációjára szolgáló inverz megoldást használó eszközt (PEST és UCODE), részecske-követési, egyben advektív transzport modellt (PMPATH), véges differencia elven működő, valamint a karakterisztika módszerét használó transzport-modelleket (MT3D, MOC2D, MT3DMS és számos további hasznos modellezési eszközt tartalmaz. (Kovács, 2004)

A pontos földtani felépítés a területen található földtani fúrások, valamint a kutak rétegsorai és karotázs-vizsgálatok alapján meghatározhatóak. A számításokhoz felhasznált adatokat a Zempléni Vízmű Kft. szolgáltatta, a 2010-es vízbázis biztonságba helyezési terv elkészítése után, vízföldtani naplók és táblázatok formájában. A következő számításokat ezek alapján készítettem el.



9. ábra Terület szintvonalas ábrázolása kutak elhelyezkedésével

A sátoraljaújhelyi Északi vízművet magába foglaló térrészt 5*2,5 km-es területet jelöltem ki. A modellterületet 100*100 darab elemi részre bontottam fel. A megfelelő koordináták felvételéhez és a magassági adatok megszerzéséhez INTERNET N forrást használtam fel, és 95 pontot jelöltem ki a területen. A meglévő WGS84 koordinátákat EOVS koordinátákra konvertáltam át az INTERNET N segítségével, majd ezeket az adatokat egy excel táblázatba vittem fel és a Surfer alkalmazásban ábrázoltam, aminek az eredményét az ábrán mutattam be. A szintvonalas térkép mellett ábrázoltam a vizsgálandó kutak helyzetét is. A létrehozott térképet a Surfer alkalmazásból .dxf formátumban exportáltam, amit a modellterületre beillesztettem, ez a 10. ábrán látható.



10. ábra Modellterület ábrázolása a termelőkutakkal

Az előfúrásból gyűjtött mintaanyagok alapján a modellezéshez az 1. táblázat adatait használtam fel. A területet vertikálisan 3 db rétegre lett osztva az itt megtalálható kutak rétegsora alapján. A megadott 3 db réteg közül a legfelső nyílttűkrű, a többi zárttűkrűnek tekinthető. A vertikális lehatárolást a terepszinttől -40 mBf. mélységig határoztam meg. A hidrogeológiai kutatások adataiból egy leegyszerűsített rétegfelosztás megfelel a modellezéshez. A számításokhoz a következő rétegrendet alkalmaztam. A modellezésben az első réteget terepszint magasságában adtam meg, a többit pedig a 2. táblázatban látható vastagságoknak megfelelően. A hidraulikai peremfeltételeket minden cellára úgy állítottam be, hogy a modellezés során a vízszintnyomás szabadon változhat benne. Az idő paraméterét másodpercre állítottam, ami miatt az 3. táblázat adatait a függőleges és vízszintes szivárgási együtthatót m/s-ban átszámolva használtam fel, minden rétegben megfelelően.

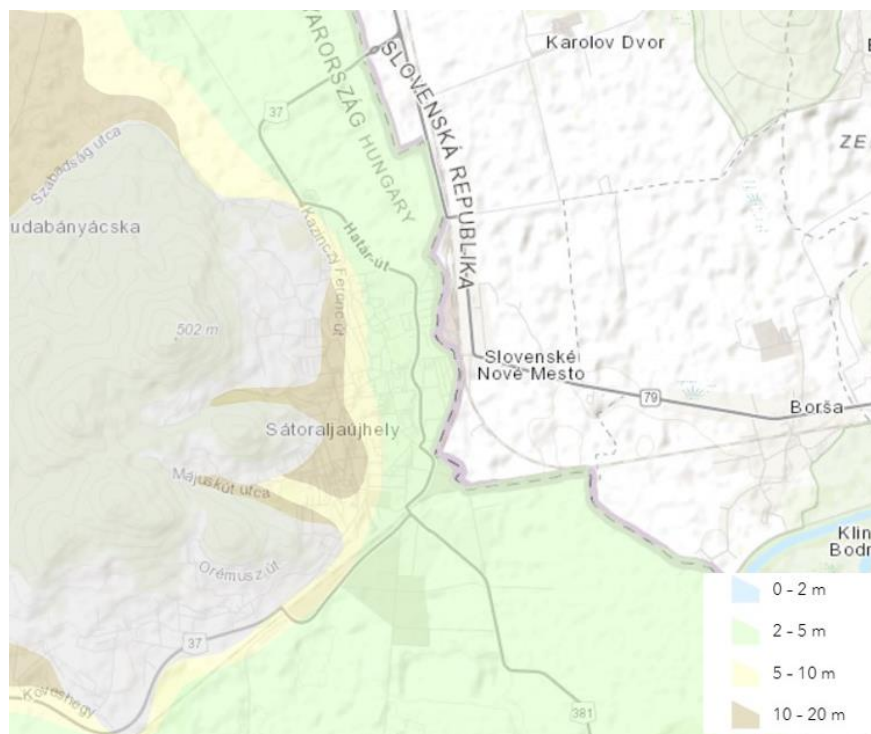
1. modellréteg	vízadó felszíni fedőréteg (5 m)
2. modellréteg	kavicsos-homokos vízadó (30 m)
3. modellréteg	fekü, főként piroklasztból áll (5 m)

2. táblázat Modellréteg felépítése

Réteg	k_h [m/nap]	k_v [m/nap]	Eff. porozitás [-]
1. fedő	0.05-0.5	0.01-0.1	0.005-0.05
2. vízadó	0.2-60	0.2-6	0.01-0.1
3. fekü	0.03-1	0.03-1	0.003-0.07

3. táblázat Rétegek hidraulikus tulajdonságai

A 11. ábra alapján, amit a Magyar-Bányászati és Földtani Szolgálat térképszerveréről töltöttem le, valamint a korábbi mérési eredményekből adódóan a talajvízszint átlagos mélységét 2 méterre állítottam.



11. ábra Talajvízszint mélység

Forrás: Internet6

A peremfeltételeket úgy határoztam meg minden rétegben, hogy a modellezés során korlátlan mennyiségű víz képes belépni minden irányból.

A termelés ténylegesen 9 kútból történik ezért a modellezéskor ezeket vettem figyelembe, ezek a termelőkutak I-X. számú kutakat jelenti kivéve a III. számút, ami a 10. ábrán látható.

A modellezés során különböző földrajzi elhelyezkedésű és mennyiségű pontszerű szennyezőanyag terjedést modelleztem, aminek az eredményeit a következő fejezetben írtam le.

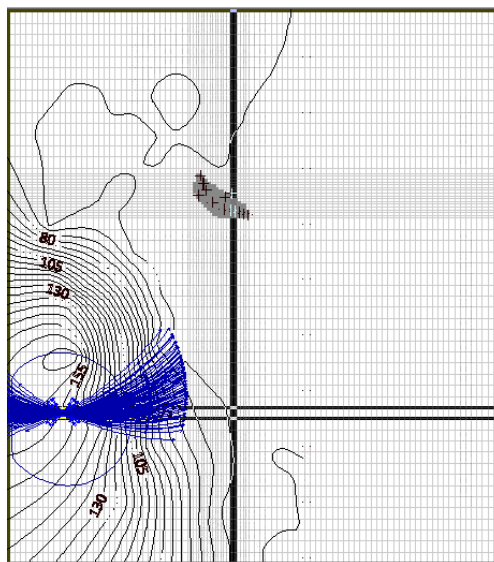
4. Eredmények

4.1 Eredmények értékelése

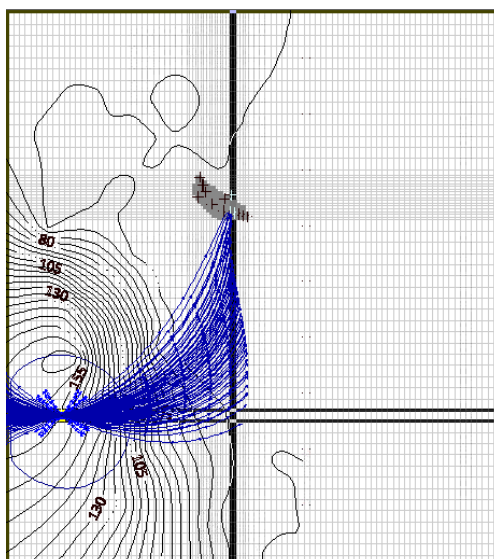
Az eredmények megjelenítéséhez a PMPATH programot használtam, ami megmutatja a kiválasztott pontból a víz áramlási irányát. A kiválasztott területen azt vizsgáltam, hogy különböző helyekről, milyen irányban és merre halad, valamint mennyi idő alatt ér el a termelőkutakig a szennyezett víz. Minden modellezés során a betáplálás pontjából vízrészecskéket kellett meghatározni azért, hogy az áramvonalak megjelenjenek.

A kiválasztott területet különböző magasságú pontokon általam meghatározott felszíni terhelés éri. Az egyidejű terjedés a különböző pontokban eltérő irányú. A beállításokból adódóan a terjedés iránya különböző és időben is eltérő. Értelemszerűen a távolabb és magasabban elhelyezkedő területen a szennyezőanyag később is sokkal kisebb mértékben éri el a víztermelő kutakat. A meghatározott vízkitermelés a területen a szennyezőanyagok terjedését is egyértelművé teszi. A kutak körüli nagymértékű leszívás hatással van a felszín alatti összes áramlásra is, ami a következő ábrákon jól látható.

Az első eset alapján $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ felszíni beszivárgást határoztam meg 160 mBf . magasságba, az első évben. Látható a 12. ábrám, hogy az első rétegben ennyi idő alatt még nem éri el a termelőkutakat, viszont ugyanakkora beszivárgásnál 5 éven belül eléri a kutak területét.



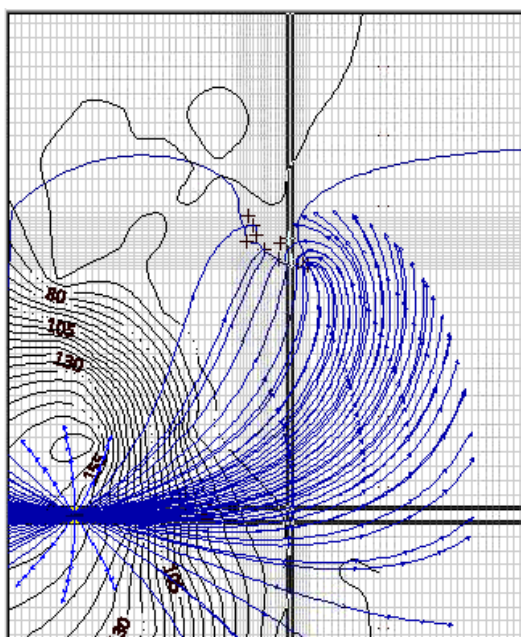
12. ábra $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ -es beszivárgás 1 éves elérési idővel



13. ábra 0,2 m³/s-es beszivárgás 5 éves elérési idővel

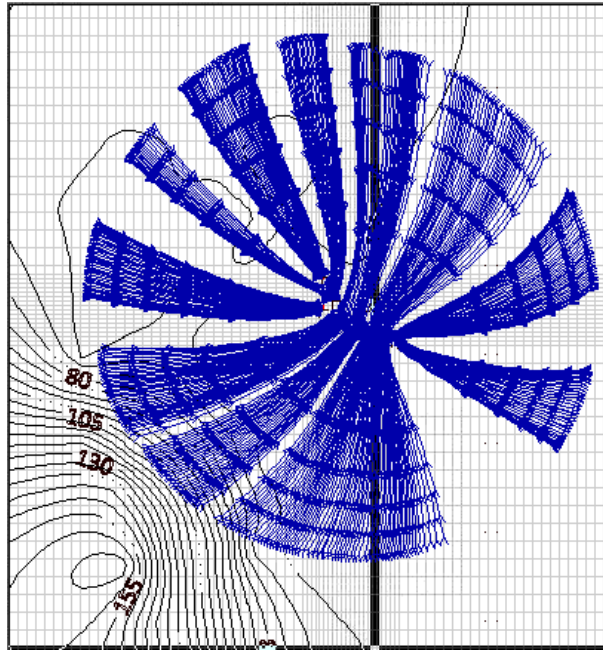
Az 1 m³/s-os beszivárgás esetén várhatóan nagyobb sebességgel jut el a termelési területre, amit a 14. ábrán láthatunk. A nagyobb mennyiségű szennyezés terjedési vonala is megváltozik az előző ábrákhoz képest.

A termelő kutaknak is nagy szerepe van az áramvonalak kialakulásában, a termelés során a területen folyamatos vízkivétel van ami meghatározza az áramlás irányát és ez fordítva is igaz.



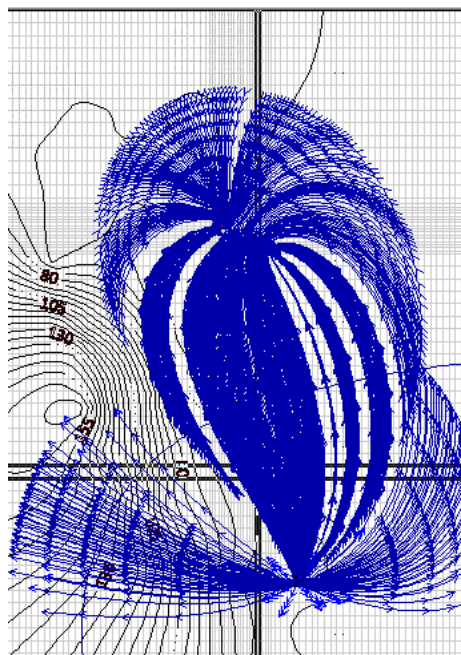
14. ábra 1 m³/s-os beszivárgás 1 éves eléréssel

A 15. ábrán a termelőkutakhoz érkező 5 éves elérési idővel rendelkező vízrészecskéket ábrázoltam, amire nem hat külső pontszerű, nagy mennyiségű beszivárgás. Látható, hogy közel egyforma termelés mellett az áramvonalakat nem módosítja külső hatás.



15. ábra Termelőkutak 5 éves elérési ideje átlagos termelés mellett

A területen D-i irányban, síkságon elhelyezett $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ -os beszivárgásnál nem csak a kutak áramvonalai változnak, hanem a szennyező terjedése is és egyértelműen látszik, hogy a termelés felé jelentős az áramlás, ami a 16. ábrán látható.



16. ábra $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ -os beszivárgás, 5 éves elérési idővel a termelőkutak felé

4.2 Felhasználási területek

A szennyeződés-terjedés modelleket nemzetközileg alkalmazzák a megfelelő előrejelzések és jelenlegi állapotok leírására (Pathak et al. 2018). Felhasználható többek között szennyezett csapadékvizek beszivárgásának leírására vagy olyan hulladéklerakókról lefolyó víz talajba történő beszivárgására és mélyebb rétegekbe jutására is.

Ahogy azt Tziro et al 2018 vizsgálatai is igazolták, ahol a vízáadó réteget olyan fedő védi, amely megfelelő védelmet biztosít a termelő rétegeknek, a szennyezés terjedése meggátolható. Ez különbözik az általam vizsgált területtől, ahol olyan fedő réteg települt, ami nem megfelelő vastagságú és így könnyű beszivárgást jelent a vízáadó réteg felé. A felszíni vízrendszer is befolyásolja a szennyeződés terjedését. Erre jó példa Tajvan esete, ahol egy hulladéklerakóból származó szennyeződés terjedését modellezték itt a talajréteg mellett a környéken található patak vízminőségét is veszélyeztette (Chen et al. 2016). A korábbi publikációk alapján (pl. Norhan és Kuan 2012) az is igazolható hogy a modellezés felhasználható még olyan fejlődő területeken is, ahol a közeljövőben nagyobb népesség növekedés fog történni. Itt alkalmas a modell arra, hogy bemutassa, hogy szennyezőforrások, valamint a kialakuló változások milyen hatással vannak a terület hidrológiai viszonyaira.

5. Összefoglalás

A dolgozatommal az ivóvízbázisokra veszélyes szennyezett víz beszivárgásból származó előrejelzés modellezését szerettem volna bemutatni, Sátoraljaújhely példáján keresztül, ahol 9 darab termelőkútra vizsgáltam az adott rétegekben, a Zempléni Vízmű Kft.-től kapott Vízbázisvédelmi Terv adatai alapján.

A terület részletes megismerése során felismertem, hogy a területen található vízfolyások kialakítottak olyan rétegeket a területen, ahol nem csak a víztermelés számára megfelelő rétegek alakultak ki, hanem ha váratlan szennyezés éri a területet akkor az is hasonló mértékben képes terjedni a kavicsos-homokos összletben.

A dolgozat megírása során mélyebben megismerkedtem a Processing MODFLOW, háromdimenziós környezet, talaj- és rétegvíz-áramlási (hidrodinamikai) és transzport-modellezési programmal, amellyel a meglévő adatok alapján, egy egyszerűsített modellgeometria felvételével különböző szennyeződési szituációt hoztam létre.

A PMPATH segítségével, meghatározható volt az, hogy a részecskék mennyi idő alatt, milyen úton jutnak el egy adott területre, ebben az esetben a vízkivétel helyszínére, a termelő kutakhoz.

A különböző elérési idők alapján pedig ez a megoldást jelenthet váratlan események modellezésére, ami meghatározza hogy egy adott szituációban milyen technológiát tudunk alkalmazni adott időn belül még mielőtt a szennyeződés eléri a termelésben résztvevő területet.

Összességében elmondható, hogy a vízbázisok védelmének jelentősége nem csak napjainkban, de a jövőben tovább fog nőni. Ezért a megfelelő minőségű ivóvízellátás hosszú távú megőrzésének a leghatékonyabb és a leggazdaságosabb módja a vízbázisvédelem.

6. Summary

The current student research deals with the pollution transport modelling of a sandy gravel aquifer. The study site is located in NE Hungary near the river Bodrog. The area belongs to the Water Work of Zemplén Ltd. The Pleistocene sandy gravel sediments form the host rock of the aquifer, which provides drinking water to the region. The study provides an overview of the changes in land use and outlines the study area's geological setting, climate, and hydrogeology. The flow and pollution transport was modelled using MODFLOW software, and PMPATH visualised the results. In the model, the data of 12 existing water wells were used, and flow paths and travel times were calculated for various hydraulic parameters (k values), taking into account the layering and different water transport properties of sediments. Various infiltration rates were applied and travel times for one year and 5-year period were calculated and displayed when various rates of water extraction were supposed. The results correlate with previous works on other reservoirs and pollution transport models.

Köszönetnyilvánítás

A munkám ismertetése előtt szeretném megköszönni mindazon személyeknek a segítségét, akik nélkül a jelen TDK dolgozat nem jöhetett volna létre. Köszönetet mondok elsősorban Török Ákosnak témavezetőmnek, a sok segítségért, hogy elméleti és gyakorlati információkkal segítette a munkámat, valamint megosztotta velem tapasztalatait, észrevételeit és ezáltal lehetőséget biztosított a szakdolgozatom sikeres elvégzéséhez, megírásához. Köszönet a Zempléni Vízmű Kft munkatársainak, az elindulásban nyújtott sok segítséget és tapasztalatért.

Valamint köszönöm a családomnak a rengeteg támogatást a tanulmányaim során.

Ábra és táblázatjegyzék

Ábrajegyzék

1. ábra Sátoraljaújhely és környezete Forrás: Google Earth	3
2. ábra Északi vízmű területe	4
3. ábra Terület szintvonalas térképe	5
4. ábra Első katonai felmérés (1782-1785) Forrás: Internet1.....	7
5. ábra Második katonai felmérés (1819-1869) Forrás: Internet2.....	8
6. ábra Harmadik katonai felmérés (1869-1887) Forrás: Internet3.....	8
7. ábra Szervesanyag tartalom Forrás: Internet4.....	9
8. ábra Földtani térkép Forrás: Internet5	10
9. ábra Terület szintvonalas ábrázolása kutak elhelyezkedésével	13
10. ábra Modellterület ábrázolása a termelőkutakkal.....	14
11. ábra Talajvízszint mélység Forrás: Internet6	15
12. ábra 0,2 m ³ /s-es beszivárgás 1 éves elérési idővel	16
13. ábra 0,2 m ³ /s-es beszivárgás 5 éves elérési idővel	17
14. ábra 1 m ³ /s-os beszivárgás 1 éves eléréssel.....	17
15. ábra Termelőkutak 5 éves elérési ideje átlagos termelés mellett	18
16. ábra 0,2 m ³ /s-os beszivárgás, 5 éves elérési idővel a termelőkutak felé	18

Táblázatjegyzék

1. táblázat Északi vízmű koordinátái Forrás: Vízbázisvédelmi Terv.....	4
2. táblázat Modellréteg felépítése.....	15
3. táblázat Rétegek hidraulikus tulajdonságai	15

Források

Nyomtatott források

Chen C-S, Tu C-H, Chen S-J, Chen C-C (2016): Case Report Simulation of Groundwater Contaminant Transport at a Decommissioned Landfill Site — A Case Study, Tainan City, Taiwan, International Journal of Environmental Research and Public Health 13, 467; doi:10.3390/ijerph13050467.

Dövényi Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere (MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 2010),

Kovács B. (2004): Hidrodinamikai és transzportmodellezés (Processing MODFLOW környezetben) I. Miskolc,

Martonné Erdős K. (2007): Magyarország tájföldrajza. Debreceni Egyetem Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen,

Norhan A. R., Kuan W-K. (2012): Simulation Of Groundwater Flow And Pollutant Transport For Alluvial Aquifer In Kampung Tekek, Tioman Island. Jurnal Teknologi. 41 (B). 10.11113/jt.v41.695

Pathak R., Awasthi M.K., Sharma S.K., Hardaha M.K., Nema R.K. (2018). Ground Water Flow Modelling Using MODFLOW – A Review. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci. 7(2): 83-88.

Péczely Gy. (1981): Éghajlat. Tankönyvkiadó, Budapest,

Stefanovits P. (1963): Magyarország talajai. Akadémia Kiadó, Budapest, 248-250

Sümeghy J. (1953): Medencéink pliocén és pleisztocén rétegtani kérdései. MÁFI Évi Jel. 1951-ről, 83-109

Tamás J. (2009): Vízkészlet-modellezés. Debreceni Egyetem, egyetemi jegyzet, Debrecen,

Tizro A.T. Sarhadi B., Mohamadi M. (2018): MODFLOW/MT3DMS based modeling leachate pollution transfer in solid waste disposal of Bahar plain deep aquifer. Iranian Journal of Health Sciences 2018; 6(2): 11-30

Internetes források

Internet1:<https://maps.arcanum.com/hu/map/firstsurvey-hungary/?layers=147&bbox=2114768.9296232606%2C6020350.450843721%2C2129282.4103689087%2C6025529.059510042> (2021.10.28.)

Internet2:<https://maps.arcanum.com/hu/map/secondsurvey-hungary/?layers=5&bbox=2114100.105625749%2C6021071.70726907%2C2128613.586371397%2C6026250.315935391> (2021.10.28.)

Internet3:<https://maps.arcanum.com/hu/map/thirdsurvey25000/?layers=129&bbox=2114252.9796822504%2C6020647.312292059%2C2128766.4604278984%2C6025825.92095838> (2021.10.28.)

Internet4: http://dosoremi.hu/int_szervesanyag_0_30.html (2021.10.29.)

Internet5: <https://map.mbfisz.gov.hu/atlasz200/> (2021.10.29.)

Internet6: <https://map.mbfisz.gov.hu/tvz/> (2021.10.29.)