



ZSEMBRÓTERV KFT.

Székhely: 8200 Veszprém, Cholnoky u. 11/B. 2/7.

Postacím: 1117 Budapest, Bercsényi u. 38. 4/7.

E-mailcím: zsembroterv@gmail.com

Telefonszám: 06-30-268-9329

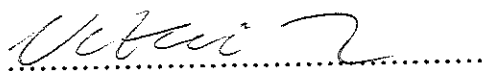
A nesz mélyi VIII. számú vörösiszap-tározó által okozott feltételezett szennyezés kiterjedésének és továbbterjedésének komplex vizsgálata

Készítette: Zsembróterv Földtani és Környezetvédelmi Kft.

Budapest, 2015. szeptember

ALÁÍRÓLAP

Szakértő:



Vitai Zsuzsanna Mária
okl. geológus, okl. környezetmérnök
Kamarai szám: 01-15111
Szakterület: SzKV-1.3

TARTALOMJEGYZÉK

1	ELŐZMÉNYEK	5
2	HIDRODINAMIKAI ÉS TRANSPORTMODELLEZÉS	5
2.1	Rövid elméleti áttekintés a geostatistikáról és a Surfer térinformatikai szoftverről	5
2.2	Rövid elméleti áttekintés a Processing Modflow modellező szoftverről	7
2.3	Bemenő adatok	9
2.3.1	Földtani felépítés	9
2.3.2	Hidrogeológiai paraméterek	12
2.3.3	Modellezési paraméterek	12
2.3.4	Szennyező anyagok	13
2.3.5	A modellezés végrehajtását nehezítő tényezők	18
3	EREDMÉNYEK	18
3.1	Ammónium	18
3.2	Arzén	20
3.3	Cink	23
3.4	Nikkel	26
3.5	Molibdén	30

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra:	Stacionárius paraméter félvariogramjai	7
2. ábra:	A területen mélyült fúrások elhelyezkedése	10
3. ábra:	A terület földtani felépítése (fehér: talaj, sárga-barna: pleisztocén, szürke: felső-pannóniai, zöld: alsó-középső kréta, vörös: iszaptározó)	11
4. ábra:	A földtani rétegek hidrosztratigráfiai egységekbe való sorolása	12
5. ábra:	Az ammónium koncentrációja jelenleg az E5 kút körül	18
6. ábra:	A 2012-es és 2015-ös ammóniumkoncentráció az E5 kút körül	19
7. ábra:	A 2012-es ammóniumkoncentráció kontúrtérképe kinagyítva E5 körül	19
8. ábra:	Az E5 kútból kiindult ammóniumszennyezés 2015-ös kontúrtérképe a területen	20
9. ábra:	A talajban (mint földtani rétegben) 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	21
10. ábra:	A pleisztocén homokrétegben 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	21
11. ábra:	A pleisztocén kavicsrétegben 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	22
12. ábra:	A pannóniai agyagrétegben 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	22
13. ábra:	A talajban (mint földtani rétegben) 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	23
14. ábra:	A pleisztocén homokrétegben 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	24
15. ábra:	A pleisztocén kavicsrétegben 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	24
16. ábra:	A pannóniai agyagrétegben 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép	25

17. ábra: A 2011-es vízminták alapján rajzolt kontúrtérkép	25
18. ábra: Kiindulási (2011-es) Ni-koncentráció a talajvízben	26
19. ábra: A földtani közeg Ni-koncentrációja 2013-ban	27
20. ábra: A nikkel 2013-ra becsült koncentrációja a talajvízben	27
21. ábra: A 2011-es és 2013-as talajvízszennyezés kiterjedésének egymáshoz viszonyított helyzete	28
22. ábra: A nikkellel szennyezett földtani közeg térbeli kiterjedése.....	29
23. ábra: A talajvíz 2015-re modellezett molibdénkoncentrációja	31
24. ábra: A talajvíz 2019-re modellezett molibdénkoncentrációja	32

Táblázatjegyzék

1. táblázat: A földtani felépítés megállapításához felhasznált fúrások	10
2. táblázat: Az egyes modellrétegek hidrogeológiai jellemzői	12
3. táblázat: A modellezett térrész sarokpontjai	13
4. táblázat: Vízmintavételi eredmények ammóniumra	13
5. táblázat: Talajminta-vételi eredmények ammónium-N-re	13
6. táblázat: Vízmintavételi eredmények arzénre	14
7. táblázat: Talajminta-vételi eredmények arzénre	14
8. táblázat: Vízmintavételi eredmények cinkre.....	15
9. táblázat: Talajminta-vételi eredmények cinkre	15
10. táblázat: Vízmintavételi eredmények nikkelle.....	16
11. táblázat: Talajminta-vételi eredmények nikkelle.....	16
12. táblázat: Vízmintavételi eredmények molibdénre.....	17
13. táblázat: Talajminta-vételi eredmények molibdénre.....	17
14. táblázat: A földtani közeg szennyezettségének kiterjedése 2013-ban	28
15. táblázat: A talajvíz szennyezettségének kiterjedése 2013-ban	29
16. táblázat: A molibdénnel szennyezett terület határának EOv koordinátái	30
17. táblázat: „D” kármentesítési célállapot határértékek	33
18. táblázat: A nikkel és a molibdén által okozott szennyezés kiterjedései.....	33

1 ELŐZMÉNYEK

A Győr-Moson-Sopron Megyei Kormányhivatal 2219-4/2015. iktatószámú végzésében előírta, hogy a Neszmély 0125 hrsz ingatlan környezeti kármentesítésének ügyében a „D” kármentesítési célállapot határérték megállapítását komplex értékelésre, mennyiségi kockázatfelmérésre kell alapozni, valamint hogy a szennyezett területet mind a talaj, mind pedig a talajvíz vonatkozásában meg kell adni, kiegészítve a talajszennyezés vertikális lehatárolásával és a szennyezett talaj térfogatának meghatározásával. Az erre rendelkezésre álló időt a Kormányhivatal a 2219-7/2015. számú végzésében 2015. október 6-áig meghosszabbította.

A fenti adatok meghatározásához szükséges hidrodinamikai és transzportmodellezéssel, valamint a térinformatikai számítások elvégzésével az engedélyes ÖKO-DEPÓNIA Kft.-t képviselő ABU Hungary Kft. a Zsembrőterv Kft.-t bízta meg.

2 HIDRODINAMIKAI ÉS TRANSPORTMODELLEZÉS

2.1 Rövid elméleti áttekintés a geostatisztikáról és a Surfer térinformatikai szoftverről

A talaj- és talajvíz-mintavételek eredményei, valamint a fúrási rétegsorokból gyűjtött rétegi jellemzők pontszerű adatok. Ahhoz, hogy ezek matematikailag feldolgozhatóvá váljanak, és segítségükkel egy tetszőleges nagyságú területet jellemezni lehessen, a mért értékek között interpolációval, esetenként belőlük képzett extrapolációval létre kell hozni egy, a területet lefedő adatrácsot.

Az inter- és extrapolációnak többféle módja lehet, amelyek közül a krigelés az egyik legjobban alkalmazható eljárás kevés és szabálytalanul elhelyezkedő adat esetén. Ez egy lineáris becslési módszer, amely valamely paraméter tetszőleges helyen várható értékének meghatározására szolgál. A becsléshez szükség van az ún. elméleti variogramra is, ami a paraméterek valamely h távolságon bekövetkező változékonyságának leírására használt függvényfajta. Ez matematikailag $Z(x)$ és $Z(x+h)$ (azaz egy vizsgált paraméter x és $x+h$ helyen felvett értékei) különbségeinek szórásnégyzeteként fejezhető ki:

$$D^2[Z(x) - Z(x+h)] = D^2[Z(x)] + D^2[Z(x+h)] - 2COV[Z(x), Z(x+h)],$$

ahol

$COV[Z(x), Z(x+h)]$: $Z(x)$ és $Z(x+h)$ kovarianciája.

Mivel azonos populációba tartozó minták esetén feltehető, hogy:

$$D^2[Z(x)] = D^2[Z(x+h)],$$

így az előbbi kifejezés a következő módon egyszerűsíthető:

$$D^2[Z(x) - Z(x+h)] = 2D^2[Z(x)] - 2COV[Z(x), Z(x+h)] = 2\gamma(h),$$

ahol

$2\gamma(h)$: a paraméter variogramja, $\gamma(h)$ pedig a félvariogramja.

Az empirikus félvariogram normális eloszlású¹ paraméter diszkrét mintái esetén az alábbi összefüggés szerint számítható:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2,$$

ahol

N : az adatpárok száma.

A variogramfüggvény alakja sok információval szolgál a vizsgált paraméterre vonatkozóan. Amennyiben a félvariogram egy kezdeti emelkedés után állandó értéket vesz fel (vagy a tapasztalati variogram esetén egy egyenes körüli unduláció tapasztalható), ahogy h tart a végtelenbe, akkor a paraméter stacionárius. Ha viszont h -val $\gamma(h)$ is tart a végtelenbe, a paraméter instacionárius, de trendlevétellel stacionáriussá tehető.

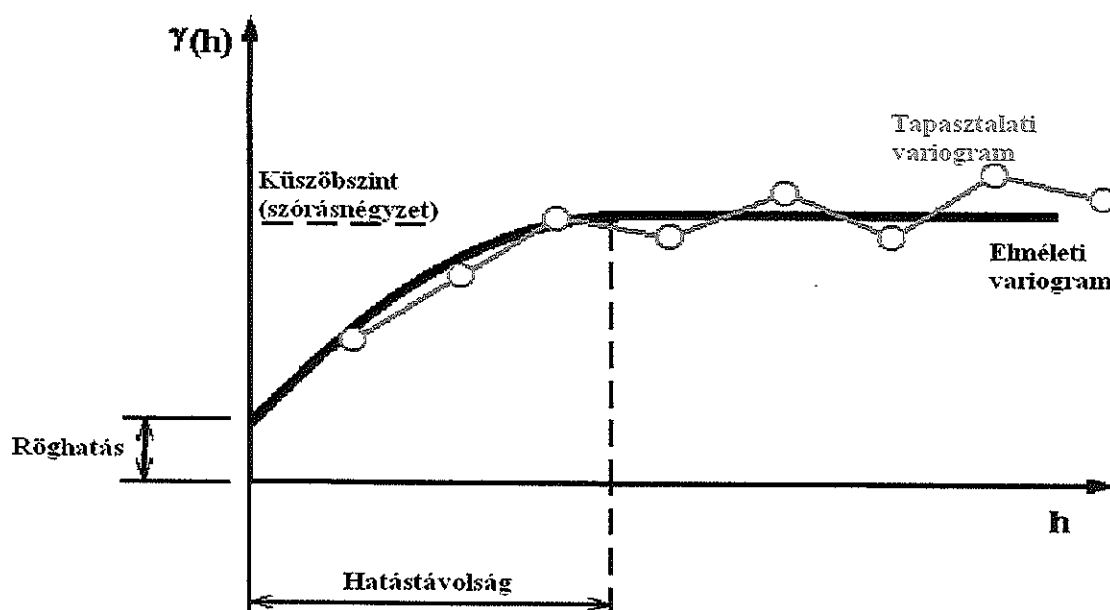
Annak a pontnak az ordinátáját, amelynél a függvény értéke stacionárius paraméter esetén állandósul, küszöbszintnek nevezzük (ez közelítőleg megegyezik a szórásnégyzettel), az abszcisszáját pedig hatástávolságnak hívjuk. Ez alatt azt a távolságot értjük, amelyen belül a minta még hatást gyakorol a környezetére. Ezen túl viszont a minták gyakorlatilag függetlenek egymástól. Ha tehát a félvariogramnak nincs határozott felszálló ága, hanem a pontjai egy, a h tengellyel párhuzamos egyenes környezetében helyezkednek el – ezt nevezik a folytonosság teljes megszűnésének –, akkor abból arra következtethetünk, hogy a hatástávolság kisebb, mint a mintavételi pontok közötti távolság.

A félvariogram ordináta tengellyel való metszetét röghatásnak nevezzük. Ennek nagysága részben a vizsgált paraméter ∂h távolságon bekövetkezett (hirtelen) változásától, részben pedig véletlen mérési hibák fellépésétől függ.

Egy stacionárius paraméter tapasztalati és elméleti félvariogramját mutatja az 1. ábra a fenti fogalmak feltüntetésével.

Az eredeti mérési adatokból számított empirikus félvariogramra a Surfer programban lehetőség van elméleti félvariogramot illeszteni. Ennek tulajdonságait (a fajtáját, a hatástávolságot, az esetleges röghatást és anizotrópiát) a program felhasználja a krigeles során úgy, hogy egy ismeretlen értékű pont várható értékének meghatározásához a hatástávolságon belül eső mérési pontokat használja fel, a távolság függvényében súlyozva.

¹ Azonban, ahogy Kovács és Koncz is említi a Vízkémiai paraméterek vizsgálata a Dunántúli-középhegységben című cikkében (VIII. Karsztfelújítási Konferencia, p 12, Szombathely, 2005), a normális eloszlás nem feltétlenül követelmény.



1. ábra: Stacionárius paraméter félvariogramjai

A későbbiekben ismertetendő talajkoncentrációk interpolációjánál egy másik, de ugyancsak egzakt interpolációs módszert, a radiális bázisfüggvényt alkalmaztuk. Ez lényegében a súlyozott átlagok számítását egy simítótényező alkalmazásával kombinálja.

A Surfer program az inter-(és esetenként extra-)poláció, valamint a szabályos adatrácsok létrehozásán túl kontúrtérképek, felületek ábrázolására és rácsműveletek végrehajtására is alkalmas. A későbbiekben bemutatott ábrák nagy része a szoftver segítségével készült.

2.2 Rövid elméleti áttekintés a Processing Modflow modellező szoftverről

A Processing Modflow program képes a felszín alatti vízáramlást és szennyeződésterjedést szimulálni, és segítségével megmutatható, milyen hatása van a felszín alatti rendszerbe való beavatkozásoknak. Ehhez információra van szükség a felszín alatti térrész tulajdonságairól és természetesen a felszínen végbemenő folyamatokról.

Legelőször a modellezett tér geometriáját, azaz a térbeli kiterjedését és a felszín alatti rétegek számát kell beadni a programba. Dönteni kell arról is, hogy hány cellára osztjuk fel a modellteret. Ezeknek az egymással hézagmentesen érintkező kis téglalapoknak a vízmérlege – a be- és kilépő vízáramok összege – a számítás alapja. A program az előre meghatározott időpontokra minden egyes cellára kiszámolja, milyen hatása van a vízmérlegükre, ha pl. egy vagy több cellából vizet termelünk ki, sajtolunk be, vagy éppen csapadék szivárog le, netán egy felszíni vízfolyás hozama változik, vagy valahol szennyező tömegáram jelentkezik.

A szoftver által alkalmazott ún. véges differencia módszere csak a cellákban bekövetkezett nyomásváltozás számítására alkalmas, ezért szükségesek kiindulási adatok, kezdeti feltételek, amelyek a nyugalmi helyzetet jellemzik. Ezek a kutakban, fúrásokban mért nyugalmi vízszintek, valamint a szennyező anyagok kiindulási koncentrációi. Szintén matematikai okokból peremfeltételeket is meg kell adni. A

nyomásszintek esetében ez a modellhatárokon állandó feltételek meghatározását jelenti. Az állandóság vonatkozhat a peremi cellák nyomásszintjére, a határtól kifelé egy bizonyos távolságban lévő nyomásszintre vagy pedig a peremeken keresztül érkező/távozó hozamra. Az anyagtranszport esetén hasonló peremfeltételek adhatók meg, vagy pedig definiálhatók források és nyelők a földtani rendszerben.

A felszín alatti víz- és anyagáramlást a földtani viszonyok alapvetően meghatározzák. A geológiai modellben meg kell határozni az egyes rétegek tulajdonságait: a fedő- és fekülmélységüket, az akár helyről helyre változó vízvezető képességüket jellemző szivárgási tényezőt mind horizontális, mind vertikális irányban, a porozitásukat, a fajlagos tározást vagy fajlagos hozamot.

Az egyes rétegek mélységeloszlásának felderítésére a fúrások és egyes geofizikai módszerek szolgálnak információval.

A hidraulikus vezetőképesség (vagy más néven szivárgási tényező) egy származtatott mennyiség, amelyet a következő képlettel kell számítani:

$$K = \frac{k \cdot \rho \cdot g}{\mu},$$

ahol

K : hidraulikus vezetőképesség $\left[\frac{m}{s}\right]$,

k : a kőzet permeabilitása $[m^2]$,

ρ : a fluidum sűrűsége $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$,

μ : a fluidum dinamikai viszkozitása $[Pa \cdot s]$,

g : gravitációs gyorsulás $\left[\frac{m}{s^2}\right]$.

A szivárgási tényező az áteresztőképesség függvénye, ennek mérése – akárcsak a porozitás – történhet laborban fúrásból vett magmintákon, vagy számítható kútesztek eredményeiből. A szivárgási tényezóből a rétegvastagsággal való szorzással származtatható a transzmisszivitás. Ennek számítására szintén különböző szivattyútesztek alkalmasak.

A porozitás (vagy hézagtérfogat) becslésére fúrólyukakban végzett karotázsszelvényezést is alkalmaznak a laborvizsgálatok mellett.

A fajlagos tározás az a vízmennyiség, amennyi egységnyi térfogatú, fedett víztartóból a hidraulikus emelkedési magasság egységnyi csökkenése esetén kitermelhető. Számítására a következő képlet alkalmazható:

$$S_0 = \rho \cdot g \cdot (\alpha + n \cdot \beta),$$

ahol

S_0 : a fajlagos tározás $\left[\frac{1}{m}\right]$,

b : a víztartó vastagsága $[m]$,

ρ : a fluidum sűrűsége $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$,

α : a kőzet kompresszibilitása $\left[\frac{1}{Pa}\right]$,

n : a víztartó porozitása [–]

β : a fluidum kompresszibilitása $\left[\frac{1}{\text{Pa}}\right]$.

A fajlagos hozam a fajlagos tározáshoz hasonló, dimenziómentes paraméter, azonban a fedetlen, nyílt tükrű vízádók tulajdonsága, azaz az olyan rezervoároké, ahol a víz nyomásszintje a képződmény fedőszintje alatt van, ennek megfelelően a víz szintje közvetlenül a légnyomással tart egyensúlyt. Azt a vízmennyiséget jelöli, amely felszabadul egy egységnyi felületű, fedetlen vízádóból, miközben a nyomásszint egységnyit csökken.

Minél több mérési eredmény, fúrási pont áll a rendelkezésre, annál árnyaltabb képet kaphatunk a modellezett térrész geológiájáról. Gyakran előfordul, hogy egy adott földtani paraméter ugyanazon rétegen belül helyről helyre változik. Mivel azonban soha sincs a modell minden cellájára mérés, a megvizsgált pontok alapján kell becslést adni a további pontokra jellemző értékekre. Az előző fejezetben bemutatott geostatistikai módszerek szükségesek tehát, hogy az – általában szabálytalanul elhelyezkedő – ismert értékű pontokból egy szabályos, a modell cellakiosztásával egyező dimenziójú rácsot (ún. gridet) hozzunk létre, és a továbbiakban ezekkel a cellánkénti becslésekkel dolgozzunk tovább, ezeket vigyük be a modellező szoftverbe.

Az alábbiakban közöljük a Processing Modflow 8.042. verziójával készült hidrodinamikai modell bemenő adatait és a kapott eredményeket. A reprodukálhatóság kedvéért a bemenő adatok közlésénél a teljességre törekedtünk, követve a modellező szoftver által kért sorrendet.

2.3 Bemenő adatok

2.3.1 Földtani felépítés

A terület földtani modelljének felépítéséhez a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) fúrási adattárában fellelhető kútnaplók (1. táblázat bal oldala) és a területen mintavételi céllal mélyült, rétegsorleírással is rendelkező furatok (1. táblázat jobb oldala) adatait használtuk fel. Ezekből a modellezett térrészre eső fúrások elhelyezkedését mutatja a 2. ábra (halványzölddel az MBFH-ből származók szerepelnek).

A fúrási rétegsorokból a prekainozoos aljzatig hét réteget lehetett elkülöníteni, amelyek közül a modellezett területen csak hat jelenik meg (a keletebbre jellemző lösz ugyanis önálló réteggént itt nincs jelen). Ezek a felszíntől kezdve a következők: a túlnyomórészt homokos talaj alatt eolikus és alluviális kifejlődésű pleisztocén összlet települ, egy felső, zömében finomhomokos, alárendelten löszös, egy középső kavicsos, valamint egy alsó, újra főként homokos réteggel. Alattuk a felső-pannoniai Somlói Formáció homokos, majd agyagos rétege következik. A prekainozoos aljzatot az alsó-középső-kréta Lábatlani Homokkő Formáció képviseli mészkő, agyag, homok és homokkő rétegekkel. A 3. ábra a fenti rétegek lefutását mutatja az vörösiszap-tározó közelében.

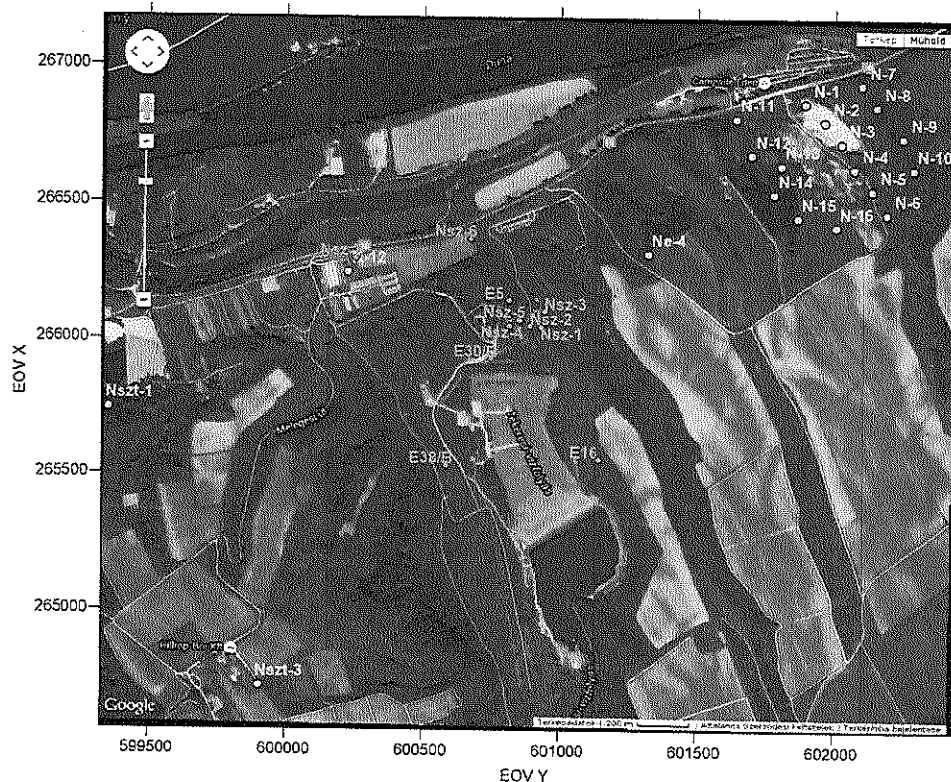
A fúrási rétegsorok alapján felépített földtani modell validálására a 2013-ban elvégzett geoelektromos vizsgálatok 1. profilvonalon mért értékei szolgáltak.

VIII. számú vörösiszap-tározó, Neszmély

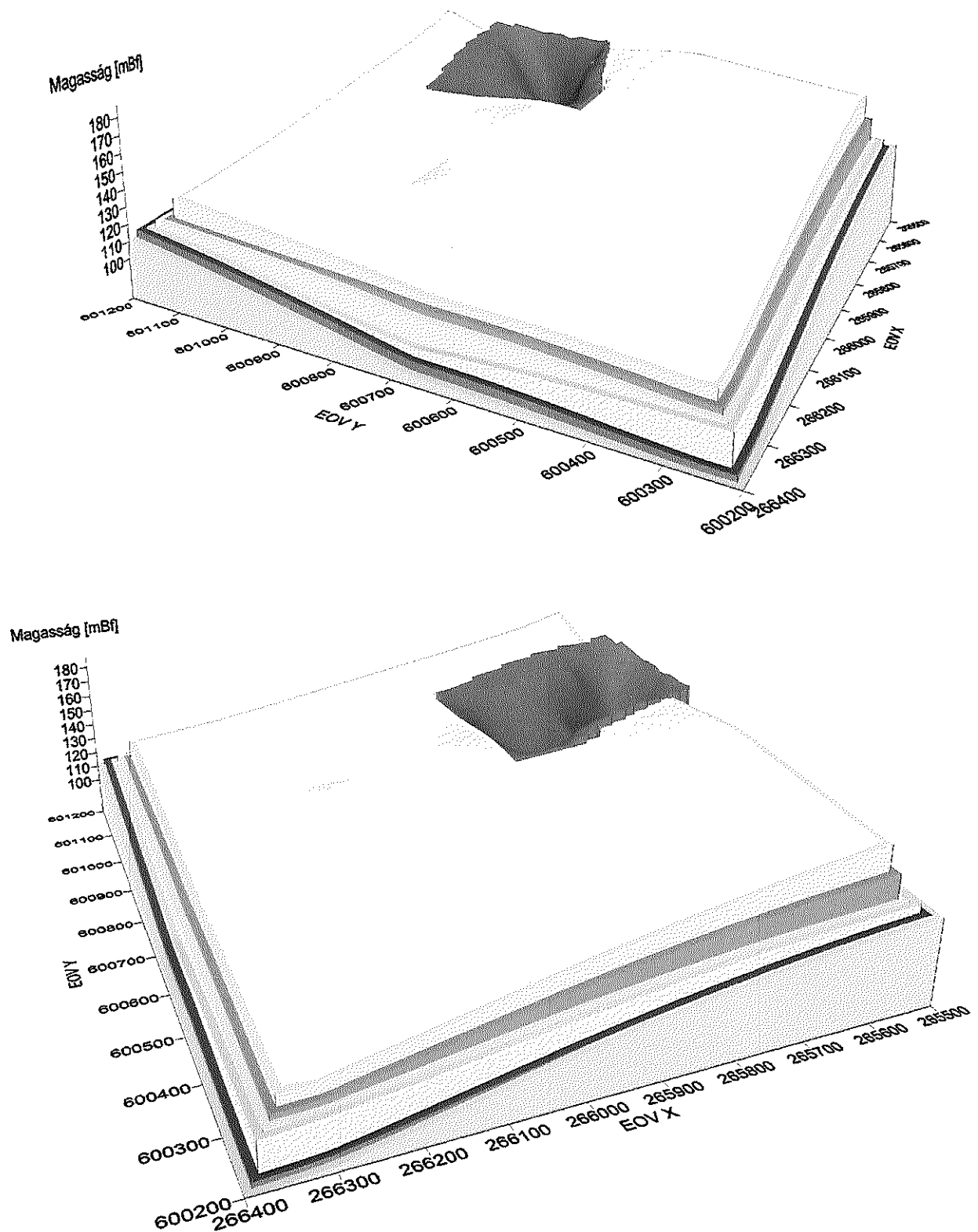
Fúrásnév	Mélység [m]	EOV Y	EOV X
N-1	17.0	601890.93	266870.69
N-2	39.2	601962.43	266804.95
N-3	15.0	602021.09	266725.14
N-4	15.6	602070.25	266633.89
N-5	15.4	602136.76	266554.00
N-6	20.0	602190.04	266467.96
N-7	15.0	602096.22	266938.30
N-8	15.0	602150.51	266860.38
N-9	15.0	602247.00	266747.79
N-10	15.0	602287.65	266633.10
N-11	15.0	601640.62	266816.40
N-12	15.0	601698.03	266681.10
N-13	15.0	601805.14	266644.54
N-14	15.0	601780.30	266538.79
N-15	15.0	601864.59	266453.51
N-16	20.0	602003.60	266420.12
Ne-4	434.0	601320.27	266319.40
Nszt-1	72.2	599352.20	265742.68
Nszt-3	32.8	599902.19	264724.54
Nszt-4	57.0	599259.83	265402.54
K-12	150.5	600225.62	266245.80

Fúrásnév	Mélység [m]	EOV Y	EOV X
E5	36.0	600813.00	266145.00
E16	35.3	601142.00	265561.00
E30/B	42.0	600745.00	265931.00
E38/B	42.0	600584.00	265536.00
Nsz-1	17.7	600928.03	266049.64
Nsz-2	20.0	600890.15	266052.48
Nsz-3	19.0	600943.13	266107.39
Nsz-4	23.0	600814.33	266054.60
Nsz-5	35.3	600849.19	266076.83
Nsz-6	9.0	600672.31	266371.83
Nsz-7	12.0	600252.75	266298.21

1. táblázat: A földtani felépítés megállapításához felhasznált fúrások



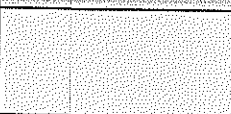
2. ábra: A területen mélyült fúrások elhelyezkedése



3. ábra: A terület földtani felépítése (fehér: talaj, sárga-barna: pleisztocén, szürke: felső-pannóniai, zöld: alsó-középső kréta, vörös: iszaptározó)

2.3.2 Hidrogeológiai paraméterek

Az előző fejezetben bemutatott földtani rétegek a víz- és így a hozzá kapcsolódó anyagáramlás szempontjából hidrosztratigráfiai egységekbe sorolhatók a 4. ábra által mutatott módon. A modellező szoftverbe beadott modellrétegeket ezek az egységek képezik.

	talaj	holocén	1. hidrosztratigráfiai egység
	sárga, sárgásbarna homok	pleisztocén	
	kavics		
	sárga, sárgásbarna homok		
	szürke homok	felső-pannóniai (Somlói Formáció)	2. hidrosztratigráfiai egység
	szürke agyag		
	szürke homok(kő), agyag, mészkő	alsó–középső-kréta (Lábatlani Homokkő Formáció)	3. hidrosztratigráfiai egység

4. ábra: A földtani rétegek hidrosztratigráfiai egységekbe való sorolása

A hidrogeológiai paraméterek 2.2. fejezetben bemutatott meghatározása nem volt lehetséges, nem álltak rendelkezésre ugyanis kútesztek és kútgeofizikai mérések. Ezért 2. táblázatban bemutatott vízföldtani jellemzőket a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet által készített T-JAM projekt Vízföldtani koncepcionális modelljének hasonló képződményekre meghatározott értékeivel becsültük. Az egyes egységek rétegjellemzőit tekintve az 1. hidrosztratigráfiai egység nyílt tükrű, a többi pedig fedett.

	Horizontális szivárgási tényező [m/nap]	Vertikális szivárgási tényező [m/nap]	Effektív porozitás [-]	Térfogat-sűrűség [kg/m ³]	Fajlagos hozam [-]	Fajlagos tározás [1/m]	Beszivárgás [mm/év]
1. hidrosztratigráfiai egység	2	0.2	0.2	1850	0.0001	-	20
2. hidrosztratigráfiai egység	0.8	0.0004	0.1	2750	-	0.000004	
3. hidrosztratigráfiai egység	0.0025	0.000025	0.01	2800	-	0.000005	

2. táblázat: Az egyes modellrétegek hidrogeológiai jellemzői

A talajvízállást – eltekintve annak erőteljes ingadozásától – a modellben maximálisnak tekintettük a teljes idő alatt. Ezzel a becslés konzervatív jellegét erősítettük, hiszen az áramló vízzel folyamatosan átitatott közegben az advekciónak is jelentősebb, mint az időről időre kiszáradóban.

2.3.3 Modellezési paraméterek

A modellezett térrész sarokpontjait a 3. táblázat mutatja. A cellakiosztást 10*10 m-esre választottuk, sűrítés nélkül.

EOV Y	EOV X
600200	265500
600200	266400
601200	184000
645000	190000

3. táblázat: A modellezett térrész sarokpontjai

A modellben tranziens esetet szimuláltunk. A transzportfolyamatokat a 2011-es kiindulási talajvíz-koncentrációkból advekciónal és adszorpciónal modelleztük tíz évre.

Peremfeltételnek a modell északi határán a Dunát jelképezve állandó nyomású cellákat vettünk fel. A transzportmodell peremfeltételét a vörösiszapból érkező, feltételezett tömegáram jelentette a 3. geoelektromos profilvonal 230-270 m-ei közötti résznek megfelelő cellákban.

2.3.4 Szennyező anyagok

Ammónium

Az ABU Hungary Kft. által a vörösiszap-tározón észlelt szennyezés vizsgálatáról készített Tényfeltárási záródokumentáció alapján egy 2011 augusztusában történt vízminta-vételezés eredményezte, hogy az ammóniumot a terület szennyező anyagai közé sorolták. Ekkor ugyanis az E5 jelű furatban a 0.5 mg/l-es határértéket meghaladó értéket mértek. A talajkoncentrációt (amire nem vonatkozik határérték) 2013-ban hét furatból származó kilenc mintában mérték meg.

Az ammónium, illetve ammónium-N víz- és talajkoncentrációit mutatják az alábbi táblázatok.

Vízminta forrása	NH ₄ (mg/l) 2011. 08.	NH ₄ (mg/l) 2013
E5	0.68	
Nsz-6		k. a.
Nsz-7		0.13

4. táblázat: Vízmintavételi eredmények ammóniumra

Talajminta forrása	NH ₄ -N (mg/kg) 2013
NSZ-1 (12,00-15,00 m)	0.29
NSZ-2 (15,00-18,00 m)	0.22
NSZ-3 (15,00-18,00 m)	0.36
NSZ-4 (18,00-21,00 m)	0.39
NSZ-5 (30,00-33,00 m)	0.81
NSZ-6 (3,00-6,00 m)	0.36
NSZ-6 (6,00-9,00 m)	0.28
NSZ-7 (3,00-6,00 m)	0.52
NSZ-7 (6,00-9,00 m)	0.49

5. táblázat: Talajminta-vételi eredmények ammónium-N-re

Mivel az NSZ-7 jelű furatból mind a víz-, mind pedig a talajkoncentrációt meghatározták 2013-ban, becslhető volt a víz és a szilárd fázis közötti megoszlási együttható, ami a modellező szoftver által számított adszorpció bemenő paramétere.

Arzén

A Tényfeltárási záródokumentáció alapján 2009-ben az E38/A jelű kútban a 10 µg/l-es határértéket meghaladó arzénkoncentrációt mértek (11,7 µg/l-t). Azóta azonban egyik vízmintában sem volt határérték-túllépés, sőt, a legtöbb esetben az 1 µg/l-es kimutathatósági határ alatti volt az arzénkoncentráció. A 2013-as talajmintákban ugyancsak a 15 mg/kg-os határérték alatti értékek voltak jellemzőek. Az arzénre vonatkozó víz- és talajkoncentrációkat mutatják az alábbi táblázatok.

Vízminta forrása	As (µg/l) 2010	As (µg/l) 2011. 08.	As (µg/l) 2011. 12.	As (µg/l) 2012	As (µg/l) 2013
E1	k. a.		k. a.	k. a.	
E5	k. a.	k. a.	k. a.	k. a.	
E6	k. a.		k. a.	k. a.	
E7	k. a.		k. a.	k. a.	
E9/A			k. a.	9.26	
E12/A			1.00	k. a.	
E37/B	k. a.		1.00	k. a.	
E38/B			k. a.	k. a.	
E45	k. a.		1.00	k. a.	
E48/B			1.00		
E49	3.14		k. a.	k. a.	
E50	k. a.		k. a.	k. a.	
II/1	k. a.				
II/2	k. a.		k. a.	k. a.	
XIV			k. a.		
XXVII			k. a.		
Nsz-6					k. a.
Nsz-7					3.33

6. táblázat: Vízmintavételi eredmények arzénre

Talajminta forrása	As (mg/kg)
NSZ 1 (12,00-15,00 m)	8.67
NSZ 2 (15,00-18,00 m)	7.99
NSZ 3 (15,00-18,00 m)	4.74
NSZ 4 (18,00-21,00 m)	4.59
NSZ 5 (30,00-33,00 m)	7.91
NSZ 6 (3,00-6,00 m)	8.2
NSZ 6 (6,00-9,00 m)	5.62
NSZ 7 (3,00-6,00 m)	10.4
NSZ 7 (6,00-9,00 m)	6.71
E5 1m	1.63
E5 5m	k. a.
E5 10m	1.55
E5 20m	k. a.
E5 35m	k. a.

Talajminta forrása	As (mg/kg)
E16 1m	1.95
E16 5m	2.6
E16 10m	4.43
E16 20m	2.83
E16 35m	1.62
E30/B 1m	4.52
E30/B 5m	k. a.
E30/B 10m	3.39
E30/B 20m	3.8
E30/B 40m	4.84
E38/B 1m	2.33
E38/B 5m	2.55
E38/B 10m	1.63
E38/B 20m	3.85
E38/B 40m	10

7. táblázat: Talajminta-vételi eredmények arzénre

Az arzén transzportjának modellezésétől eltekintettünk, mivel szennyeződés nem mutatkozik, de az NSZ-7 jelű furatból becsülhető lenne az arzén víz és a szilárd fázis közötti megoszlási együtthatója.

Cink

A Tényfeltárási záródokumentáció alapján 2009-ben a cink is meghaladta egy kútban a 200 µg/l-es határértéket (az E38/B jelű furatban 609 µg/l-es koncentrációt mértek). Azóta azonban egyik vízmintában sem tapasztaltak határérték-túllépést, 2012 óta pedig a kimutathatósági határ alatt van a koncentráció. A talajmintákban 2013-ban szintén nem volt a 200 mg/kg-os határértéket meghaladó koncentráció mérhető.

A cinkre vonatkozó víz- és talajkoncentrációk az alábbi táblázatokban találhatók.

Vízminta forrása	Zn (µg/l) 2010	Zn (µg/l) 2011. 08.	Zn (µg/l) 2011. 12.	Zn (µg/l) 2012	Zn (µg/l) 2013
E1	k. a.		6.0	k. a.	
E5	k. a.	k. a.	14.0	k. a.	
E6	27.6		30.0	k. a.	
E7	k. a.		9.0	k. a.	
E9/A			12.0	k. a.	
E12/A			3.0	k. a.	
E37/B	k. a.		3.0	k. a.	
E38/B			190.0	k. a.	
E45	k. a.		29.0	k. a.	
E48/B			7.0		
E49	33.1		10.0	k. a.	
E50	68.2		14.0	k. a.	
II/1	30.0				
II/2	k. a.		8.0	k. a.	
XIV			28.0		
XXVII			48.0		
Nsz-6					k. a.
Nsz-7					k. a.

8. táblázat: Vízmintavételi eredmények cinkre

Talajminta forrása	Zn (mg/kg)	Talajminta forrása	Zn (mg/kg)
NSZ 1 (12,00-15,00 m)	17.8	E16 1m	23
NSZ 2 (15,00-18,00 m)	38.4	E16 5m	23.9
NSZ 3 (15,00-18,00 m)	63.7	E16 10m	32.1
NSZ 4 (18,00-21,00 m)	18.7	E16 20m	25.9
NSZ 5 (30,00-33,00 m)	33.6	E16 35m	16.3
NSZ 6 (3,00-6,00 m)	26.1	E30/B 1m	27.8
NSZ 6 (6,00-9,00 m)	23.2	E30/B 5m	17.9
NSZ 7 (3,00-6,00 m)	33.7	E30/B 10m	23.6
NSZ 7 (6,00-9,00 m)	27.6	E30/B 20m	34.5
E5 1m	23.4	E30/B 40m	14.6
E5 5m	18.2	E38/B 1m	23.9
E5 10m	17.8	E38/B 5m	23.7
E5 20m	19.9	E38/B 10m	23.1
E5 35m	17.2	E38/B 20m	26.9
		E38/B 40m	35.5

9. táblázat: Talajminta-vételi eredmények cinkre

Megoszlási együttható nem becsülhető a mérési eredményekből, nem áll rendelkezésre ugyanis egyidejű és egy helyről származó adat kimutathatósági határt

VIII. számú vörösiszap-tározó, Neszmély

meghaladó víz- és talajkoncentrációról. A transzportmodellezés azonban egyébként is szükségtelen, hiszen szennyezés már nem mutatkozik.

Nikkel

2011-ben az E5 jelű kút vizében a 20 µg/l-es határértéket meghaladó koncentrációt mértek (33 µg/l-t). 2013-ban két talajmintában mutatkozott a 40 mg/kg-os határértéket meghaladó szennyezés.

A nikkelre vonatkozó víz- és talajkoncentrációkat mutatják az alábbi táblázatok.

Vízminta forrása	Ni (µg/l) 2011. 08.	Ni (µg/l) 2011. 12.	Ni (µg/l) 2013
E1		1.0	
E5	15.2	33.0	
E6		6.0	
E7		4.0	
E9/A		4.0	
E12/A		4.0	
E37/B		2.0	
E38/B		4.0	
E45		2.0	
E48/B		5.0	
E49		1.0	
E50		2.0	
II/2		3.0	
XIV		2.0	
XXVII		2.0	
Nsz-6			13.0
Nsz-7			6.2

10. táblázat: Vízmintavételi eredmények nikkelle

Talajminta forrása	Ni (mg/kg)
NSZ 1 (12,00-15,00 m)	14.7
NSZ 2 (15,00-18,00 m)	35.3
NSZ 3 (15,00-18,00 m)	71.2
NSZ 4 (18,00-21,00 m)	11.3
NSZ 5 (30,00-33,00 m)	75.9
NSZ 6 (3,00-6,00 m)	21.6
NSZ 6 (6,00-9,00 m)	7.66
NSZ 7 (3,00-6,00 m)	18.6
NSZ 7 (6,00-9,00 m)	13.8
E5 1m	12.4
E5 5m	14.1
E5 10m	9.94
E5 20m	8.21
E5 35m	9.44

Talajminta forrása	Ni (mg/kg)
E16 1m	12.9
E16 5m	13.2
E16 10m	17.5
E16 20m	14.1
E16 35m	10.4
E30/B 1m	15.2
E30/B 5m	10.2
E30/B 10m	13.7
E30/B 20m	22.1
E30/B 40m	6.89
E38/B 1m	15
E38/B 5m	13.4
E38/B 10m	14.2
E38/B 20m	15.1
E38/B 40m	31.3

11. táblázat: Talajminta-vételi eredmények nikkelle

Az E5, NSZ-6 és NSZ-7 adataiból három megoszlási együttható is becsülhető három mélységre.

Molibdén

A Mo esetén az E5 jelű kút vizének szennyezettségét már 2009-ben kimutatták. A 20 µg/l-es határértéket már akkor meghaladó 34.2 µg/l-es érték 2011 augusztusára 50.4 µg/l-re, decemberre pedig 92.7 µg/l-re nőtt. Az E5 furaton kívül még további három kút vizét találták Mo tekintetében szennyezettnek. Ugyanakkor a 2013-as talajminták mindegyikében kimutathatósági határ alatt volt a molibdén koncentrációja.

A molibdénre vonatkozó víz- és talajkoncentrációkat az alábbi táblázatok összegzik.

Víz minta forrása	Mo (µg/l) 2011. 08.	Mo (µg/l) 2011. 12.	Mo (µg/l) 2013
E1		7.4	
E5	50.4	92.7	
E6		3.7	
E7		4.2	
E9/A		k. a.	
E12/A		25.3	
E37/B		50.1	
E38/B		k. a.	
E45		12.8	
E48/B		13.8	
E49		316.0	
E50		10.2	
II/2		k. a.	
XIV		k. a.	
XXVII		k. a.	
Nsz-6			2.3
Nsz-7			7.5

12. táblázat: Vízmintavételi eredmények molibdénre

Talaj minta forrása	Mo (mg/kg)
NSZ 1 (12,00-15,00 m)	k. a.
NSZ 2 (15,00-18,00 m)	k. a.
NSZ 3 (15,00-18,00 m)	k. a.
NSZ 4 (18,00-21,00 m)	k. a.
NSZ 5 (30,00-33,00 m)	k. a.
NSZ 6 (3,00-6,00 m)	k. a.
NSZ 6 (6,00-9,00 m)	1.8
NSZ 7 (3,00-6,00 m)	k. a.
NSZ 7 (6,00-9,00 m)	k. a.
E5 1m	k. a.
E5 5m	k. a.
E5 10m	k. a.
E5 20m	k. a.
E5 35m	k. a.

Talaj minta forrása	Mo (mg/kg)
E16 1m	k. a.
E16 5m	k. a.
E16 10m	k. a.
E16 20m	k. a.
E16 35m	k. a.
E30/B 1m	k. a.
E30/B 5m	k. a.
E30/B 10m	k. a.
E30/B 20m	k. a.
E30/B 40m	k. a.
E38/B 1m	k. a.
E38/B 5m	k. a.
E38/B 10m	k. a.
E38/B 20m	k. a.
E38/B 40m	k. a.

13. táblázat: Talajminta-vételi eredmények molibdénre

Megoszlási együttható az NSZ-6 jelű furat alapján becsülhető, azonban értéke és egyáltalán értelme nagyon kétséges (ld. 3.5. fejezet).

2.3.5 A modellezés végrehajtását nehezítő tényezők

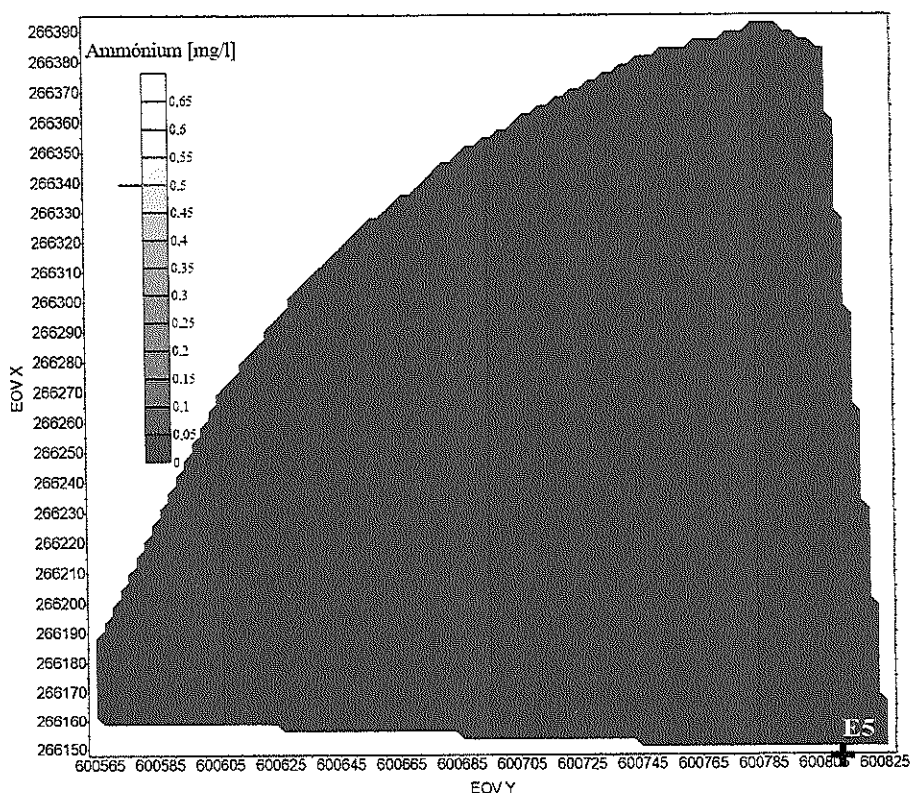
A fenti anyagok által okozott szennyezés kiterjedésének, valamint a víz- és talajkoncentrációk időbeli változásának modellezéséhez a hidrogeológiai paraméterek helyszíni mérések hiánya miatti bizonytalanságán túl több fontos bemenő adat hiányzik. Az egyik a szennyezők vörösiszapból érkező tömegárama, ha egyáltalán van ilyen. A Tényfeltárási záródokumentáció szerint a vörösiszap által okozott szennyezésre a molibdén esetén van esély, ugyan a vörösiszap vizsgálata nem mutatott ki számottevő mennyiségű kioldható anyagot ebből a szennyezőből. Utóbb felmerült a nikkel vörösiszap-eredete is, ugyanis a 2013 júniusi geoelektromos vizsgálatok alapján a 3. profilvonal 230-270 m-ei között feltételezett szivárgás magyarázat lehet az észlelt nikkelszennyezés terjedésére.

A másik lényeges, azonban hiányzó bemenő adat(csoport) a szorpciós folyamatokat leíró információk. Az előző fejezetben bemutattuk, hogy a cink kivételével mindegyik szennyezőre becsülhető ugyan egy (a nikkel esetén három) megoszlási együttható, de ez önmagában még az adszorpció fajtájának és hatásának meghatározásához nem elégséges.

3 EREDMÉNYEK

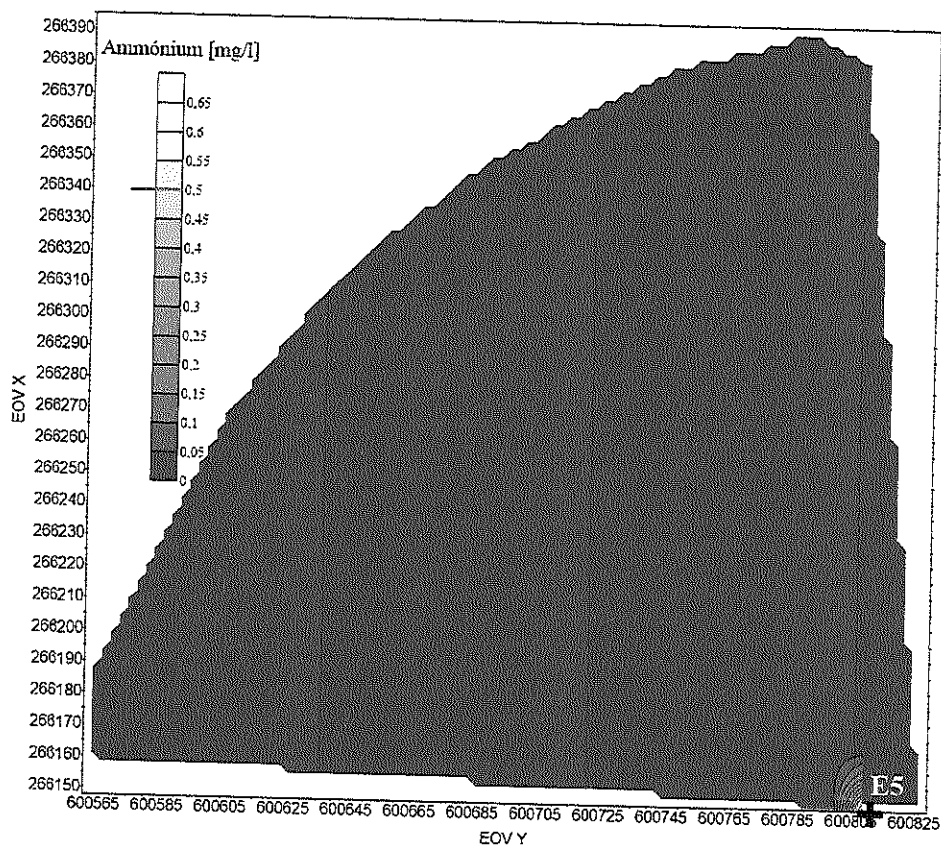
3.1 Ammónium

Az E5 jelű kútban 2011-ben tapasztalt szennyezés a transzportmodellezés eredményei alapján nagyon kis távolságon elenyészik. Jelenleg, azaz a 2011-es kiindulási állapothoz képesti 4. modellperiódusban a számítási eredmények alapján az E5 kúttól északnyugati irányba terjedő ammónium koncentrációja mindenhol 0.05 mg/l alatti (5. ábra).

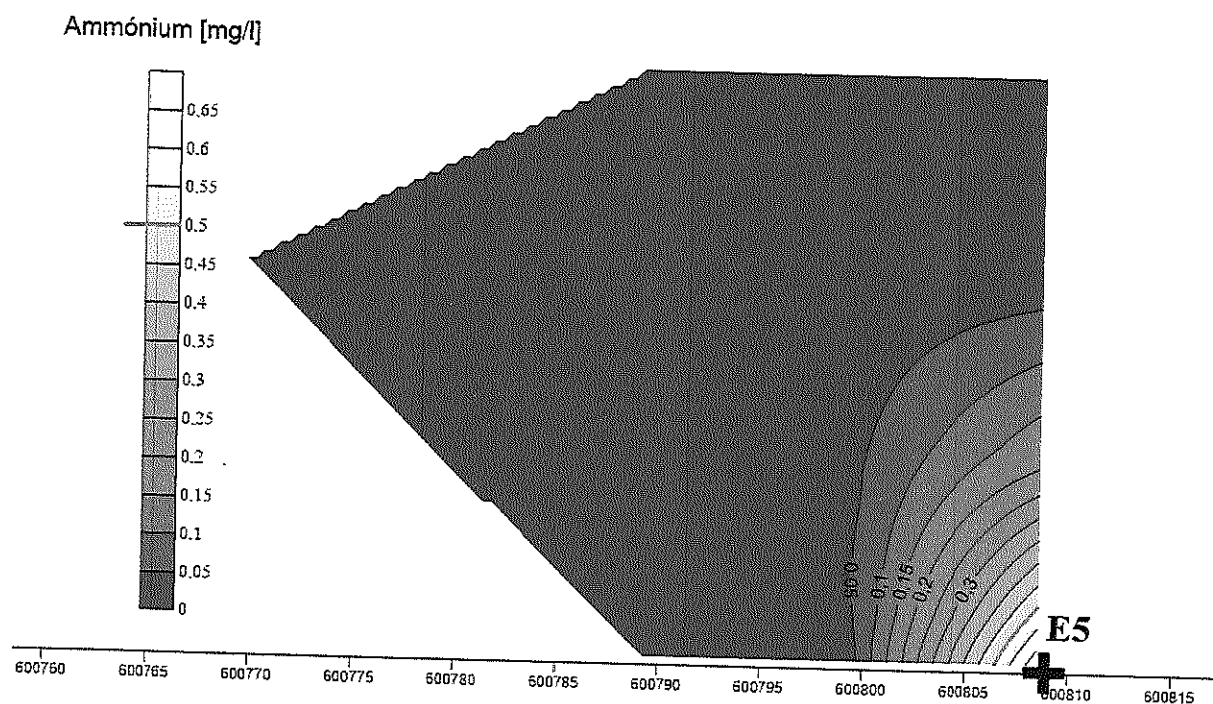


5. ábra: Az ammónium koncentrációja jelenleg az E5 kút körül

Összehasonlításképpen bemutatjuk, milyen volt a 2012-es (azaz a kiinduláshoz képest egy évvel későbbi) állapot, amikor még nagyon kis területen határérték-túllépés volt tapasztalható az E5 kút körül (6. ábra: a 2012-es és a 2015-ös állapot egyszerre ábrázolva, 7. ábra: a 2012-es állapot kontúrtérképe kinagyítva).



6. ábra: A 2012-es és 2015-ös ammóniumkoncentráció az E5 kút körül



7. ábra: A 2012-es ammóniumkoncentráció kontúrtérképe kinagyítva E5 körül

A 8. ábra a 2015-ös állapot kontúrtérképét mutatja a műholdképen. Ebből látható, hogy önmagában az E5 kútból induló szennyezés semmiképpen nem magyarázhatja az NSZ-7 furatban 2013-ban mért NH_4 -koncentrációt, hiszen azt még 2015-re sem éri el. Ez azonban természetesen nem azt jelenti, hogy nem lehet ammónium a terület többi részén, csupán annyit, hogy az E5 kútban észlelt szennyezés mára már elenyészett, ha nem volt valahonnan utánpótlódása (amiről nem rendelkezünk információval).

A fentiek alapján tehát az E5 kútban 2011-ben észlelt határérték-túllépés miatt önmagában nem szükséges és nem is lehetséges az ammóniumszennyeződés lehatárolása.

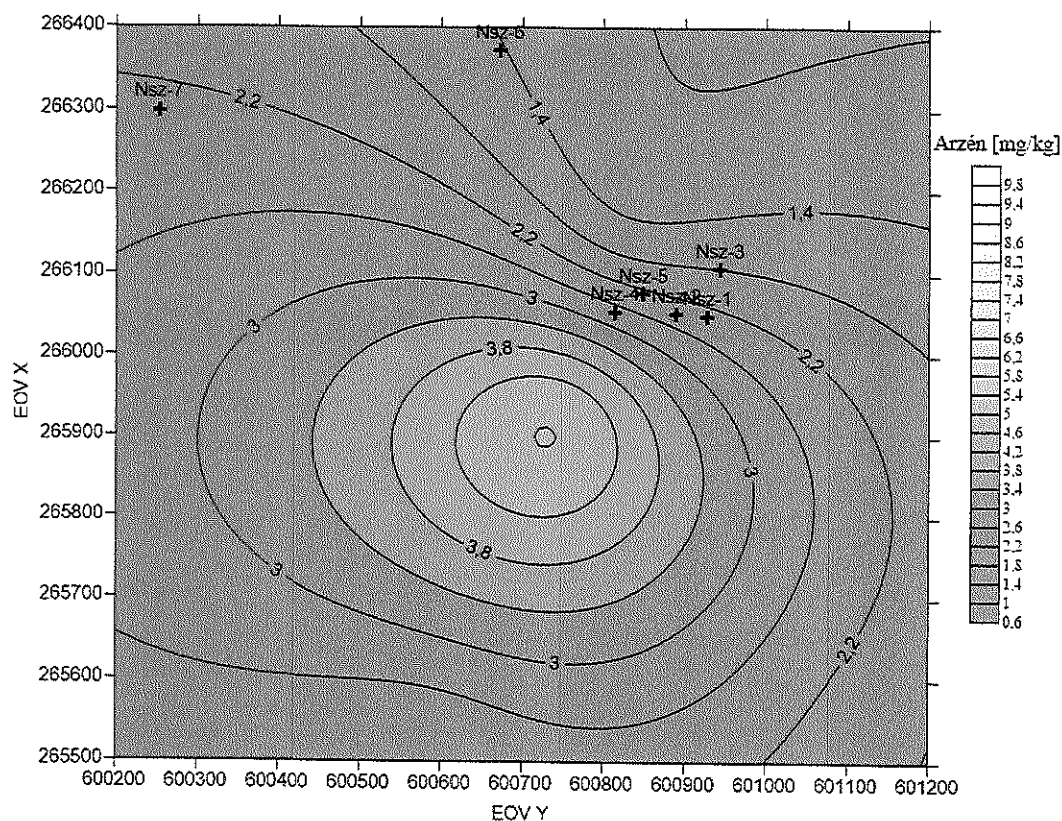


8. ábra: Az E5 kútból kiindult ammóniumszennyezés 2015-ös kontúrtérképe a területen

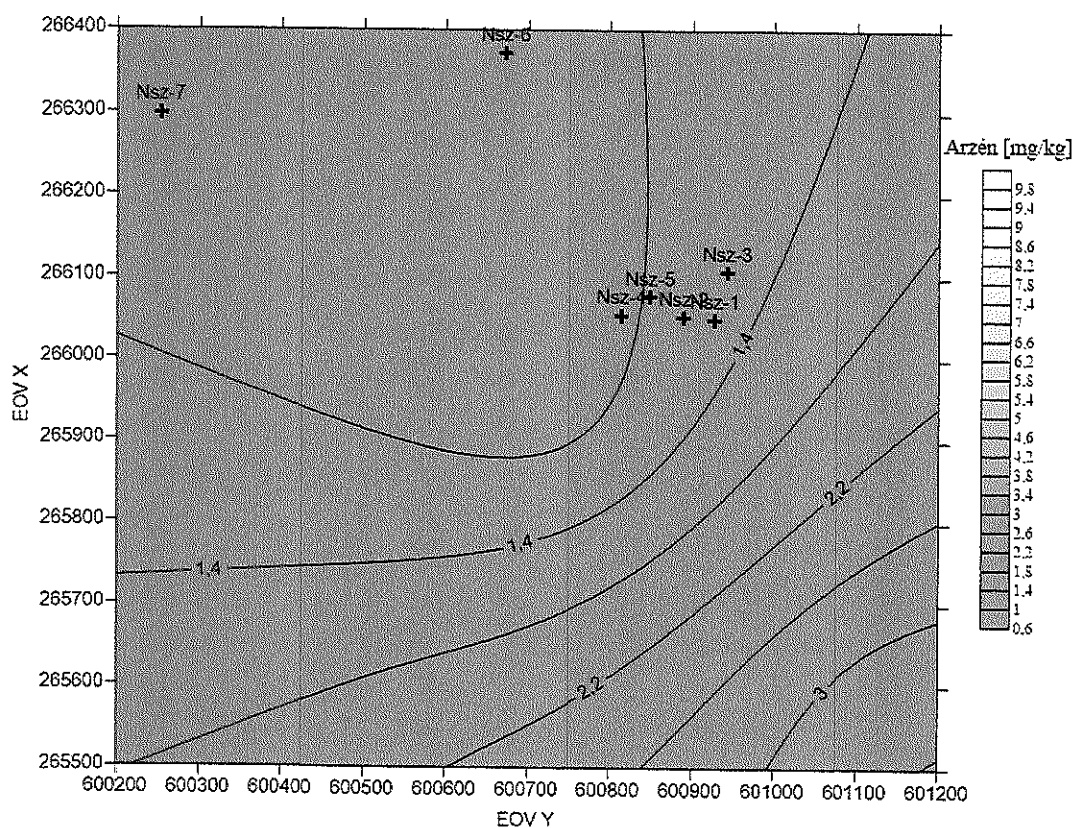
3.2 Arzén

A 2.3.4. fejezetben bemutatott mérési eredmények alapján arzénszennyezés nincs a területen. Az alábbiakban (9-12. ábrák) a 2013-as talajvizsgálati eredmények alapján rajzolt kontúrtérképeket mutatjuk be, amelyek a modellezett térrész egészére extrapolálják a hét furat koncentrációértékeit négy rétegben.

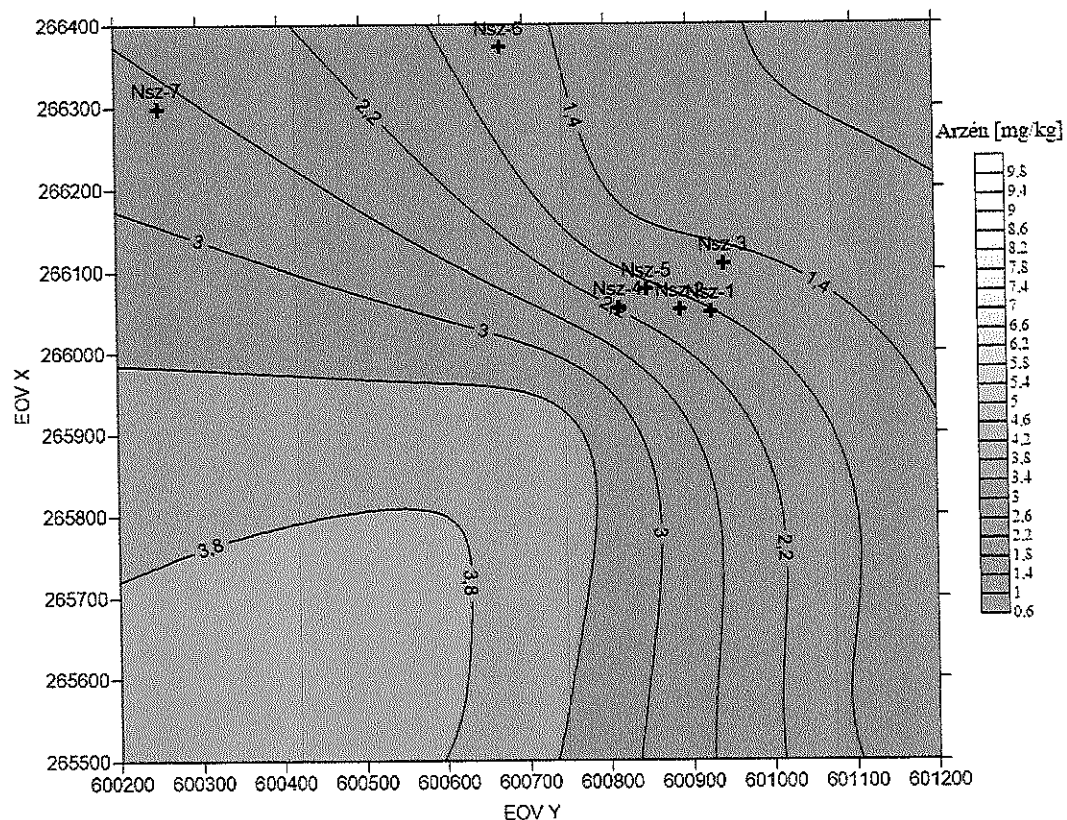
VIII. számú vörösiszap-tározó, Neszmély



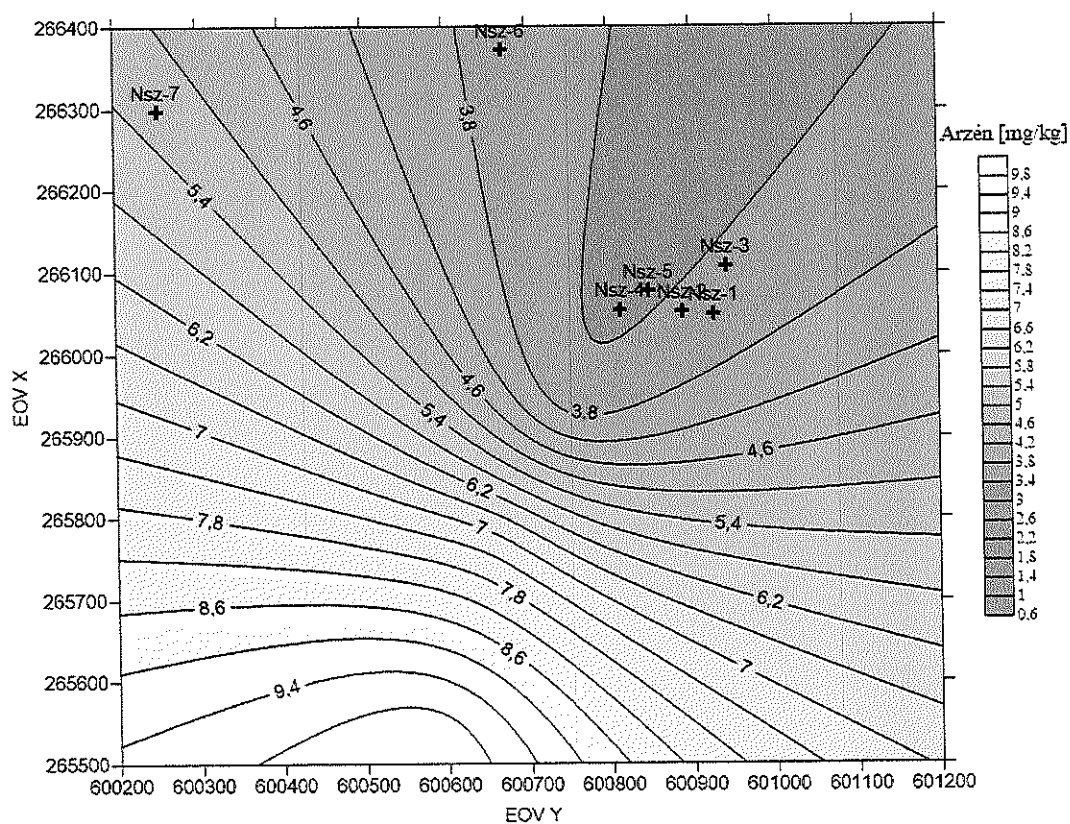
9. ábra: A talajban (mint földtani rétegben) 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



10. ábra: A pleisztocén homokrétégben 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



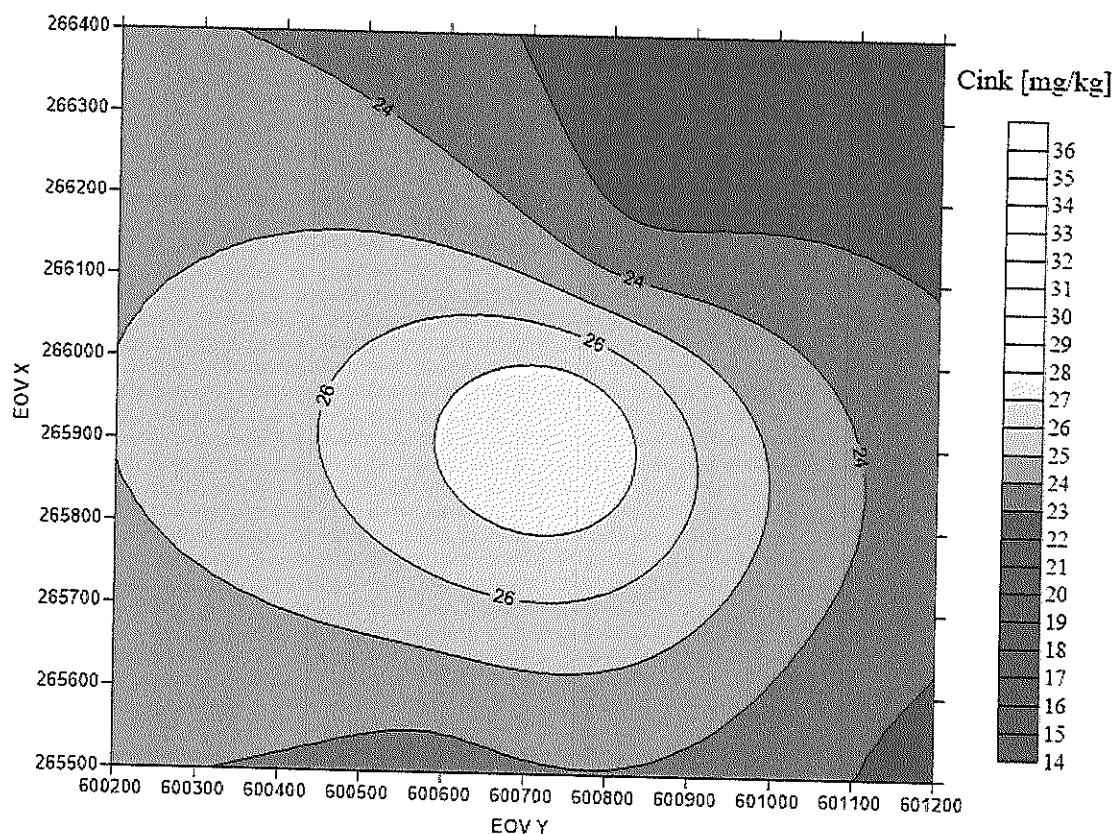
11. ábra: A pleisztocén kavicsrétegben 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



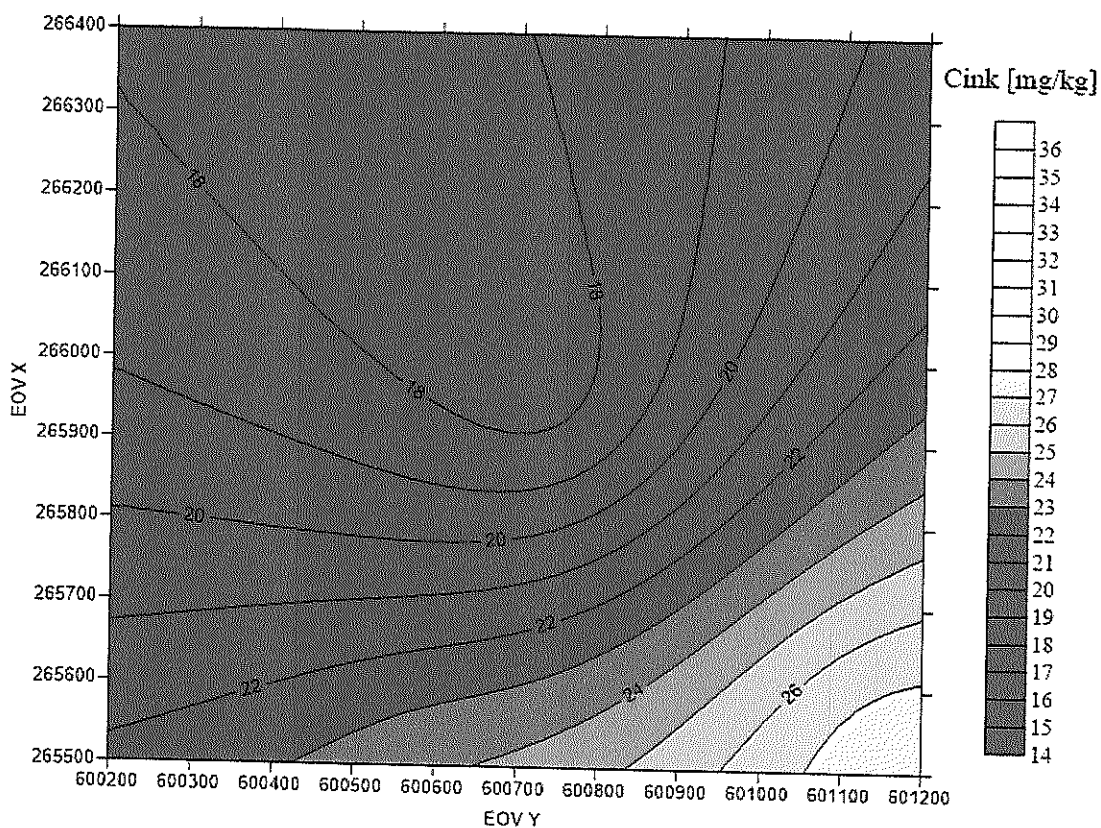
12. ábra: A pannóniai agygrétegben 2013-ban mért arzénkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép

3.3 Cink

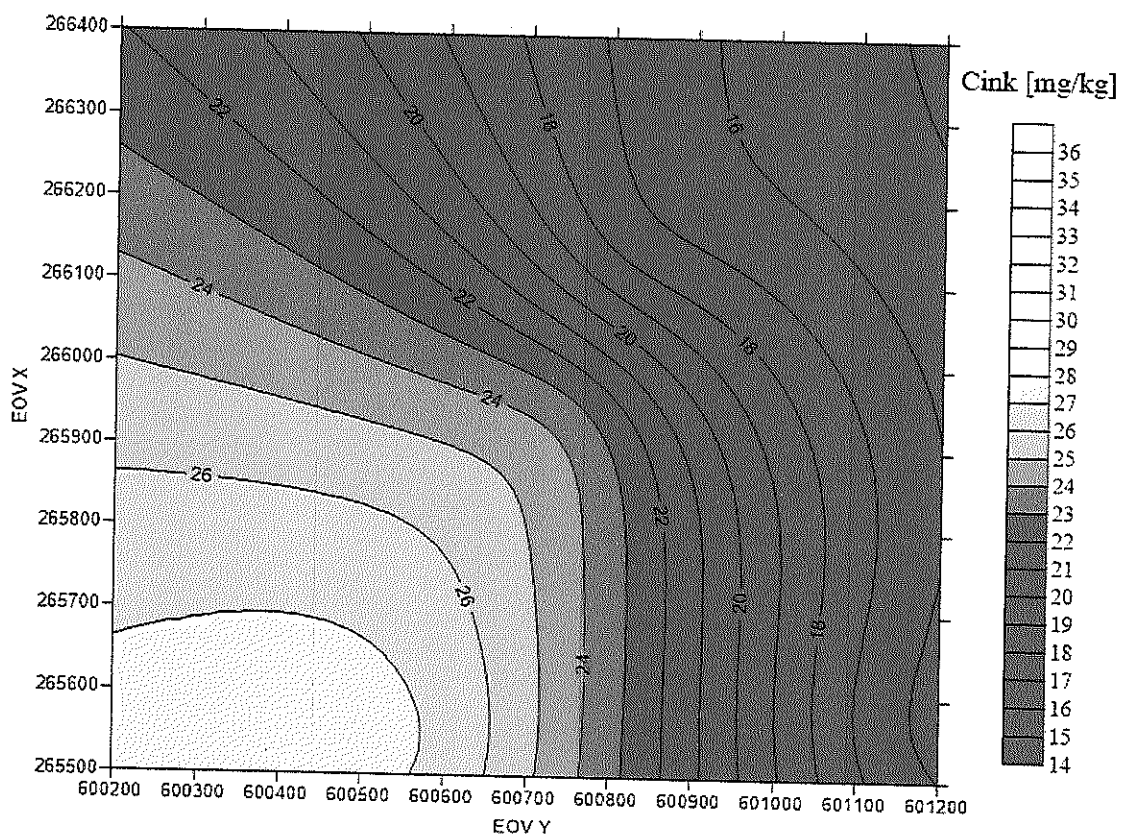
A cink esetében, hasonlóan az arzénhoz, a 2.3.4. fejezetben bemutatott mérési eredmények alapján (már) nem tekinthető szennyezettnek a terület. Az alábbiakban (13-16. ábrák) ugyancsak a 2013-as talajvizsgálati eredmények alapján rajzolt kontúrtérképeket mutatjuk be, kiegészítve a 2011-es talajvíz-koncentrációk alapján rajzolt kontúrtérképpel (17. ábra).



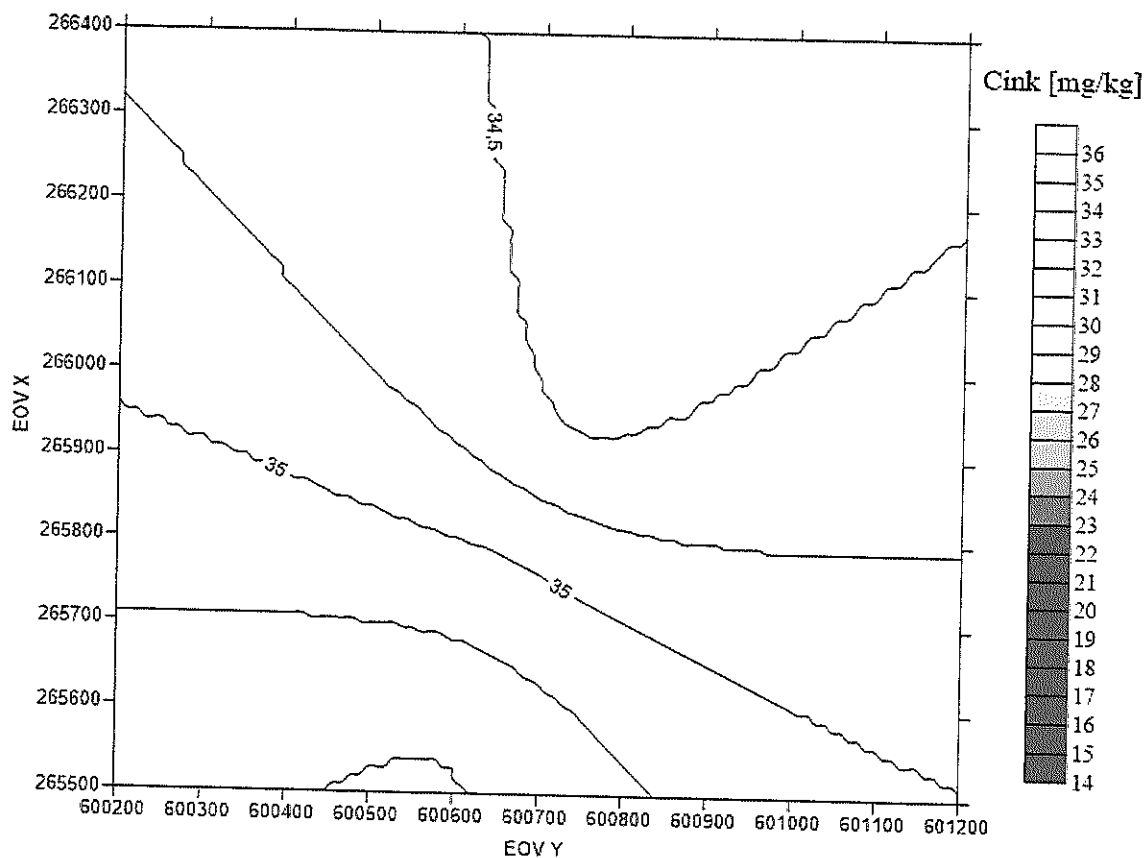
13. ábra: A talajban (mint földtani rétegben) 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



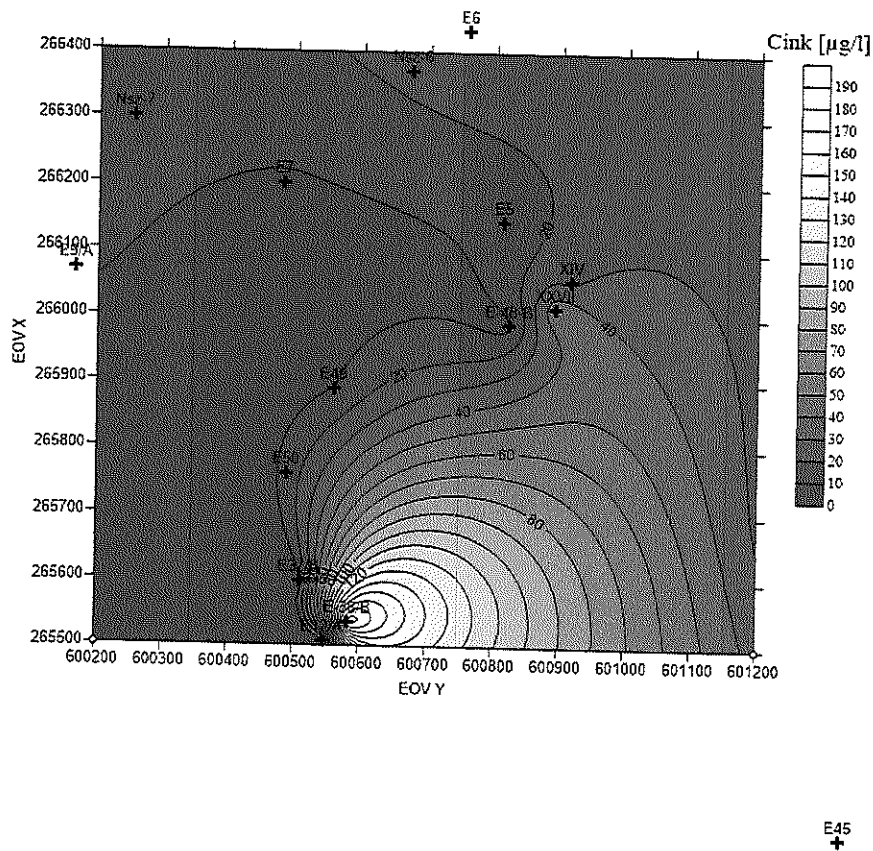
14. ábra: A pleisztocén homokrétegben 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



15. ábra: A pleisztocén kavicsrétegben 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



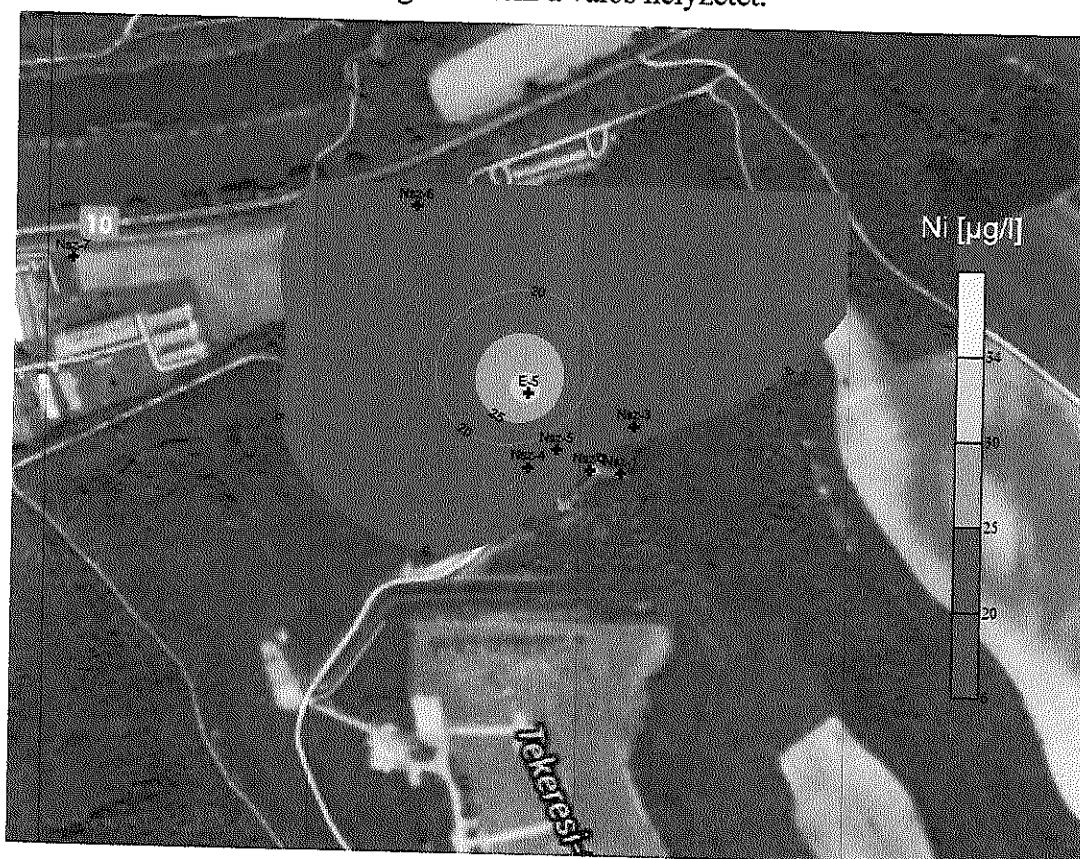
16. ábra: A pannóniai agyagrétegben 2013-ban mért cinkkoncentráció alapján rajzolt kontúrtérkép



17. ábra: A 2011-es vízminták alapján rajzolt kontúrtérkép cinkre

3.4 Nikkel

A nikkel esetében az E5 jelű kútban mért talajvíz- és talajkoncentráció arra enged következtetni, hogy a nikkel a talajvízzel nagyon könnyen mobilizálódik. Így egyidejűleg a nagy talajvíz- és nagy talajkoncentrációkat nem lehetett modellezni. A 18. ábra által mutatott kiindulási, azaz a 2011-es talajvíz-koncentráció továbbá egyértelműen azt mutatja, hogy ha van is a vörösiszapból érkező szennyező tömegáram, E5 határérték feletti szennyezettsége nem a vörösiszapnak tudható be, a tározóhoz közelebb eső kutak vize ugyanis kevésbé volt szennyezett ekkor. Kell(ett) lennie tehát egy másik, ismeretlen eredetű Ni-forrásnak is. Ebből a két okból kifolyólag a modellezési eredmények nem tudták megfelelő mértékben megközelíteni a valós helyzetet.

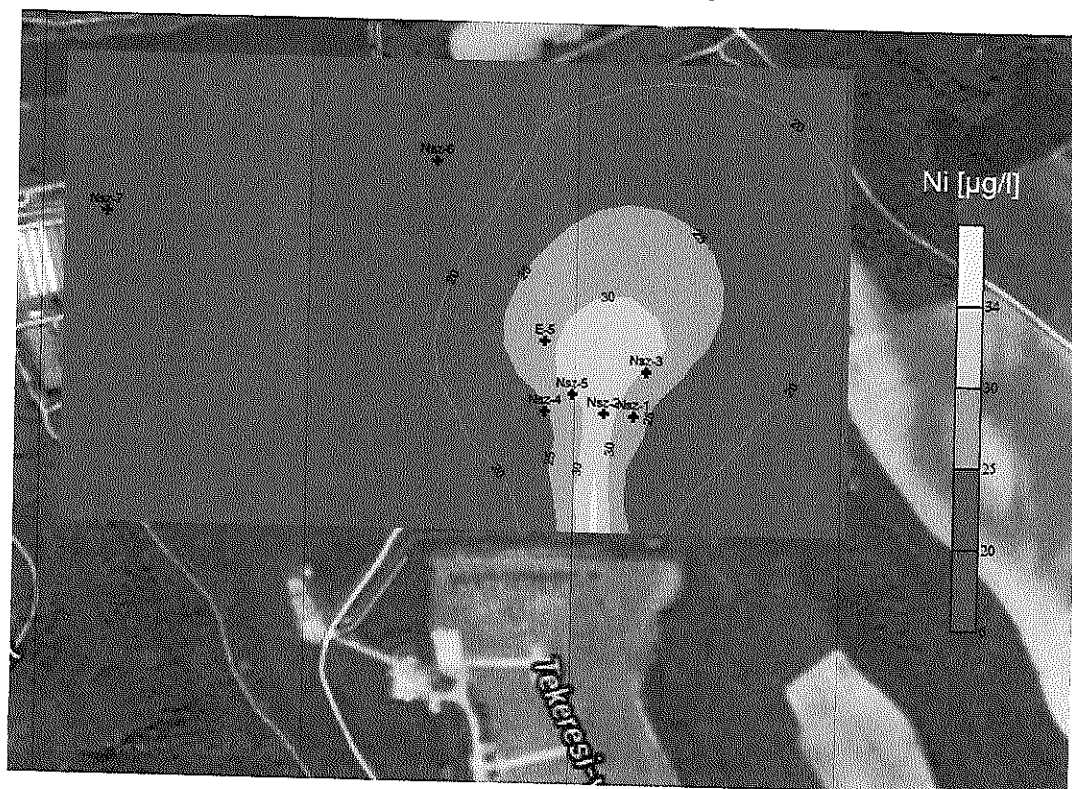


18. ábra: Kiindulási (2011-es) Ni-koncentráció a talajvízben

A szoftveres szimuláció helyett ezért a talajvíz 2013-ra becsült szennyezettségét a talajkoncentrációkból számoltuk vissza a megoszlási együtthatók felhasználásával. A 2013-as mérési eredményekből extrapolált talajkoncentrációkat a 19. ábra, a talajvízre vonatkozó számítás eredményét pedig a 20. ábra mutatja. Amint az az ábrákból is szembetűnik, az NSZ-3 és NSZ-5 furatokban 2013-ban tapasztalt határérték-túllépésnek már valóban lehet oka a vörösiszapból származó tömegáram.



19. ábra: A földtani közeg Ni-koncentrációja 2013-ban



20. ábra: A nikkel 2013-ra becsült koncentrációja a talajvízben

A 2011-es és 2013-as állapot közötti változást vizualizálja a 21. ábra.



21. ábra: A 2011-es és 2013-as talajvízszennyezés kiterjedésének egymáshoz viszonyított helyzete

A jelenlegi állapotra vonatkozó előrejelzés meglehetősen nagy bizonytalansággal lenne terhelt, ezért a földtani közeg és a talajvíz szennyezettségének kiterjedését a fenti ábrákon bemutatott 2013-as állapotra adjuk meg az alábbi táblázatokban.

EOV Y	EOV X
600798.7	265901.5
600797.6	265931.5
600797.6	265982.9
600796.6	266034.4
600798.7	266067.6
600789.1	266097.6
600774.1	266126.5
600765.5	266149.0
600773.0	266212.3
600799.8	266258.4
600837.3	266306.6
600858.7	266333.4
600875.9	266362.3
600905.9	266397.7
600949.8	266415.9
601000.2	266424.5
601052.7	266414.8

EOV Y	EOV X
601084.9	266393.4
601106.3	266358.0
601114.9	266314.1
601118.1	266278.7
601102.0	266233.7
601082.7	266200.5
601060.2	266169.4
601035.6	266123.3
601019.5	266093.3
600999.1	266070.8
600985.2	266050.4
600976.6	266020.4
600969.1	265970.1
600967.0	265931.5
600962.7	265907.9
600798.7	265901.5

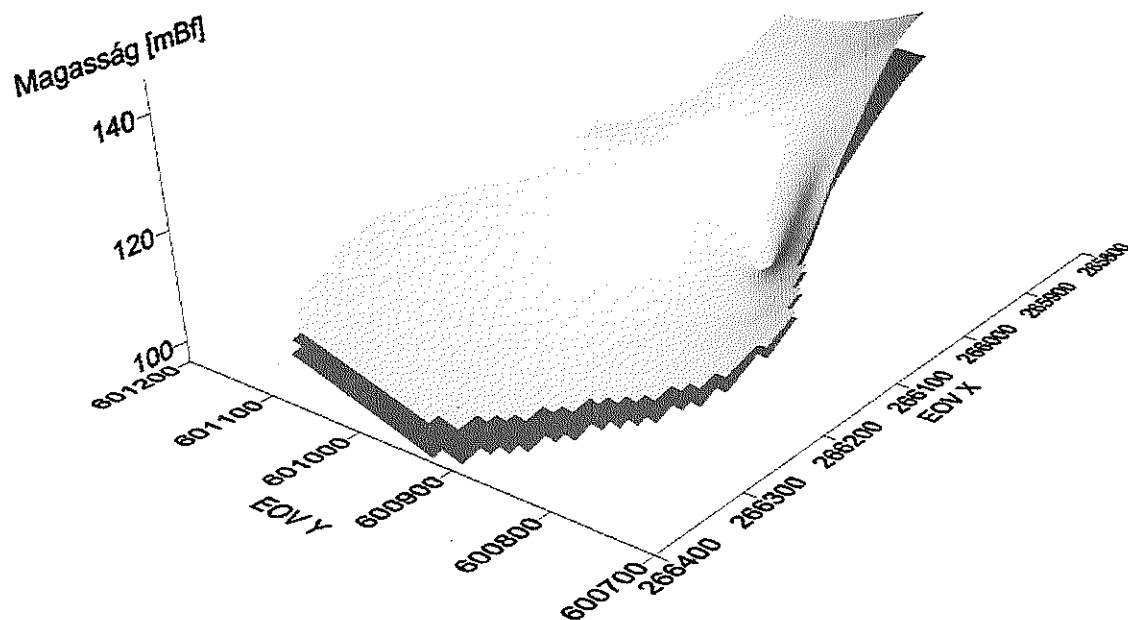
14. táblázat: A földtani közeg szennyezettségének kiterjedése 2013-ban

EOV Y	EOV X
600790.1	265870.4
600785.9	265898.3
600771.9	265945.4
600736.6	266001.1
600706.5	266030.1
600678.7	266096.5
600671.2	266137.3
600680.8	266196.2
600716.2	266264.8
600755.8	266328.0
600780.5	266362.3
600793.4	266394.5
600814.8	266425.6
600860.9	266450.2
600938.0	266473.8
601007.7	266475.9

EOV Y	EOV X
601074.2	266457.7
601110.6	266441.6
601158.8	266402.0
601191.0	266331.2
601192.0	266249.8
601176.0	266182.3
601150.3	266120.1
601105.2	266065.5
601064.5	266015.1
601028.1	265974.4
600995.9	265943.3
600977.7	265913.3
600960.6	265887.5
600947.7	265870.4
600790.1	265870.4

15. táblázat: A talajvíz szennyezettségnek kiterjedése 2013-ban

A szennyezett földtani közeg vertikális lehatárolását tekintve valószínűsíthető, hogy a szennyezés az aljzatot képviselő Lábatlani Homokkő Formációba nem hatol be, hanem a mért értékek tanúbizonysága alapján túlnyomórészt a pannóniai összletre koncentrálódik. Így a szennyezett térfogat fedőjének lefutása 102 és 146 mBf között, fekéje pedig 96 és 139 mBf között változik a 22. ábra által mutatott módon.



22. ábra: A nikkellel szennyezett földtani közeg térbeli kiterjedése

A földtani közeg nikkellel szennyezett térfogata a Surfer szoftverrel végzett számítás alapján **432050 m³**.

3.5 Molibdén

A 2.3.4. fejezetben bemutatott mérési eredmények arra engednek következtetni, hogy – bár a z NSZ-6 jelű furat adatai alapján becsülhető lenne megoszlási hányados – a molibdén esetében a szorpciós folyamatok elhanyagolhatók.

A molibdén volt viszont az egyetlen olyan szennyező anyag, amelynél lehetőség nyílt a modell kalibrációjára, azaz a 2013-as mérési eredmények alapján a bemenő modellparaméterek pontosabb meghatározására. A kalibráció eredményeképpen az NSZ-6 furatban 2013-ban mért koncentrációt 84.2, az NSZ-7-ben mért értéket 99.7 %-ban tudta visszaadni a transzportmodell.

A 2011-es kiindulási és a kalibrált 2013-as koncentrációeloszlások megerősíteni látszanak azt a Tényfeltárási záródokumentáció által említett első feltevést, hogy a molibdén forrása nem a vörösiszap.

A 23. ábra mutatja a molibdén 2015-re modellezett koncentrációeloszlását a talajvízben. A 24. ábra ugyanezt 2019-re vetíti előre.

A 2015-ös kontúrtérkép alapján a szennyezett talajvíz határának, azaz a 20 µg/l feletti talajvíz-koncentrációval jellemezhető területnek az EOY koordinátáit a 16. táblázat tartalmazza (a 23. ábrán vastag piros vonallal jelölve).

EOV Y	EOV X
599902.0	266179.6
599898.7	266112.1
599908.4	266025.3
599921.2	265938.6
599963.0	265877.5
600062.7	265842.1
600165.5	265819.6
600274.8	265774.6
600307.0	265668.6
600329.5	265581.8
600352.0	265488.6
600377.7	265327.9
600393.7	265189.6
600416.2	265118.9
600451.6	265038.6
600477.3	264935.7
600528.7	264842.5
600551.2	264791.1
600644.5	264771.8

EOV Y	EOV X
600779.5	264758.9
600917.7	264765.4
601039.8	264787.9
601088.0	264823.2
601129.8	264932.5
601184.5	265064.3
601210.2	265144.6
601223.0	265295.7
601207.0	265450.0
601178.0	265533.6
601142.7	265662.1
601091.2	265771.4
601039.8	265903.2
601010.9	265967.5
601059.1	266054.3
601104.1	266173.2
601072.0	266295.3
601007.7	266333.9
600943.4	266269.6

EOV Y	EOV X
600898.4	266208.6
600863.0	266160.3
600843.7	266234.3
600850.2	266295.3
600757.0	266324.3
600699.1	266285.7
600705.5	266215.0
600734.5	266153.9
600670.2	266157.1
600612.3	266160.3
600548.0	266141.1
600464.5	266099.3
600422.7	266080.0
600390.5	266170.0
600397.0	266272.8
600374.5	266321.1
600236.2	266298.6
600107.7	266272.8
599979.1	266234.3

16. táblázat: A molibdénnel szennyezett terület határának EOY koordinátái



23. ábra: A talajvíz 2015-re modellezett molibdénkoncentrációja



24. ábra: A talajvíz 2019-re modellezett molibdénkoncentrációja

4 ÖSSZEGZÉS

A fenti modelleredmények alapján a terület ammónium, arzén és cink szempontjából nem tekinthető szennyezettnek. A molibdén a talajvízben, a nikkel pedig mind a talajvízben és mind pedig a földtani közegben határérték feletti koncentrációban van jelen.

Az ABU Hungary Kft. a fenti eredmények újraszámította a „D” kármentesítési célállapot határértékeket a nikkelle és a molibdénre vonatkozóan, amelyek a következők:

	Nikkel		Molibdén	
	Talajvíz	Földtani közeg	Talajvíz	Földtani közeg
„D” kármentesítési célállapot határérték	58.67 µg/l	139.11 mg/kg	58.67 µg/l	nem adható meg a „B” határértéktől eltérő adat

17. táblázat: „D” kármentesítési célállapot határértékek

A két szennyező FAVI KÁRINFO B2 adatlap által kért kiterjedéseit a 18. táblázat tartalmazza. A szennyezett felszín alatti víz mennyiségének számításánál abból indultunk ki, hogy a szennyezett víz áramlása elsősorban a pannóniai összlet pórusterében történik.

	Nikkel	Molibdén	Együttesen
„B” határérték felett szennyezett felszín alatti víz felszíni vetülete [m ²]	222 115	1 263 923	1 397 392
„B” határérték felett szennyezett felszín alatti víz mennyisége [m ³]	77 833	509 552	545 551
„B” határérték felett szennyezett földtani közeg felszíni vetülete [m ²]	121 465	-	121 465
„B” határérték felett szennyezett földtani közeg mennyisége [m ³]	432 050	-	432 050
„D” határérték felett szennyezett felszín alatti víz felszíni vetülete [m ²]	0	215 692	215 692
„D” határérték felett szennyezett felszín alatti víz mennyisége [m ³]	0	156 806	156 806
„D” határérték felett szennyezett földtani közeg felszíni vetülete [m ²]	0	-	0
„D” határérték felett szennyezett földtani közeg mennyisége [m ³]	0	-	0

18. táblázat: A nikkel és a molibdén által okozott szennyezés kiterjedései