



VIZITERV Environ Környezetvédelmi és Vízügyi
Tervező, Tanácsadó és Szolgáltató Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság
4400 Nyíregyháza, Széchenyi utca 15.
e-mail: info@environ.hu
web: www.environ.hu

A Debreceni Nagyerdő vízpótlásának vizsgálata

Felszín alatti víz modellvizsgálat

VIZITERV Environ Nonprofit Kft.

2025. július



VIZITERV Environ Környezetvédelmi és Vízügyi
Tervező, Tanácsadó és Szolgáltató Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság
4400 Nyíregyháza, Széchenyi utca 15.
e-mail: info@environ.hu
web: www.environ.hu

Projektvezető:



projektvezető tervező

Készítette:



geológus
okl. geológus

TARTALOMJEGYZÉK

1. Előzmények	4
2. Bevezetés.....	4
3. A tervezett vízpótlás modell adaptációja	4
4. A tervezett vízpótlás szimulált hatása.....	6
5. Összefoglalás.....	8
IRODALOMJEGYZÉK.....	10
ÁBRÁK.....	11

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A felszíni víz (vízfolyás, állóvíz) értelmezése a felszín alatti vizes modellben.....	5
2. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás (mBf) vízpótlás nélkül, alapállapot.....	11
3. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 1 év vízpótlás után (mBf).....	12
4. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 5 év vízpótlás után (mBf)	13
5. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 10 év vízpótlás után (mBf).....	14
6. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 15 év vízpótlás után (mBf).....	15
7. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 20 év vízpótlás után (mBf).....	16
8. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 30 év vízpótlás után (mBf).....	17
9. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 1 év vízpótlás után (m)	18
10. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 5 év vízpótlás után (m)	19
11. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 10 év vízpótlás után (m)	20
12. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 15 év vízpótlás után (m).....	21
13. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 20 év vízpótlás után (m).....	22
14. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 30 év vízpótlás után (m).....	23
15. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 1 év vízpótlás után (m)	24
16. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 5 év vízpótlás után (m)	25
17. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 10 év vízpótlás után (m)	26
18. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 15 év vízpótlás után (m)	27
19. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 20 év vízpótlás után (m)	28
20. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 30 év vízpótlás után (m)	29

1. ELŐZMÉNYEK

2022-ben felszín alatti víz modellvizsgálat készült a Nagyerdő tervezett vízpótlásának vizsgálatára. A tervezett vízpótlás hatásainak vizsgálata numerikus modellben történt. A numerikus modell felépítése a területre korábban készült numerikus modellek alapján történt. Beépítésre kerülnek a rendelkezésre álló földtani adatok mellett a vonatkozó talaj- és rétegvízszint térképek (eloszlások), a jellemző vízkivételi és egyéb adatok.

Tárgyi modell segítségével 2022-ben szimulálták a Nagyerdőre jellemző, aktuális mérésekből szerkesztett talajvízszint eloszlást, illetve vizsgálták a tervezett vízpótlás hatásait. Beépítették a modellbe a vízpótláshoz kapcsolódó létesítményeket, majd modellszimulációkkal vizsgáltuk a vízpótlás létesítményeinek, a vízpótló rendszernek a talajvízszintre kifejtett hatását. A kapott eredményeket térképen megjelenítették és értékelték. A hidrodinamikai modellvizsgálat eredményeit és a hidrodinamikai modell részletes leírását „A Debreceni Nagyerdő vízpótlásának vizsgálata, Hajdúhátság vízgazdálkodásának fejlesztése – CIVAQUA program (KEHOP-1.3.0) komplex előkészítési feladatai” (VIZITERV Environ Kft., 2022) c. dokumentáció részletesen tartalmazza.

2. BEVEZETÉS

Az alábbi dokumentációban a megújult koncepció szerinti vízpótlás felszín alatti vízre gyakorolt hatásait vizsgáltuk a fent hivatkozott felszín alatti víz modell segítségével. A modell szerkezetét, bemenő adatait, peremfeltételeit nem változtattuk meg.

A vízpótlás beszivárogtatásban részt vevő, felszín alatti víz modellben vizsgált létesítményei: északi és keleti övárók, Nagyerdő 41/B fogadó tározó és az elárasztott terület (a fogadó tározótól keletre és északra).

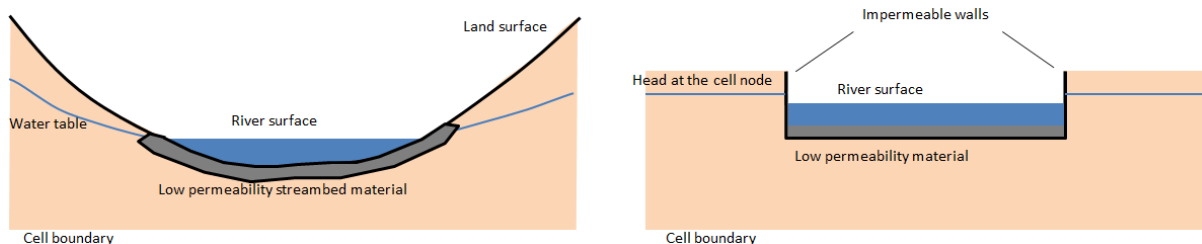
A modellt a fent hivatkozott dokumentáció ismerteti részletesen. A tervezett vízpótlás által okozott hatásokat az alapállapothoz viszonyítjuk (vízpótlás nélküli állapot), a tervezett vízpótlás hatásait különbség térképeken jelenítjük meg, bemutatjuk a vízpótlás hatására kialakuló vízszinteket.

3. A TERVEZETT VÍZPÓTLÁS MODELL ADAPTÁCIÓJA

A vízpótlás létesítményeit a vízpótlásra vonatkozó, jelenleg aktuális terv alapján adtuk meg. A vízpótlás létesítményei: északi és keleti övárók, Nagyerdő 41/B fogadó tározó, elárasztott terület.

Az övárkok, a fogadó tározó és az elárasztott terület hatását a modellben a MODFLOW river modul segítségével adtuk meg. A vízpótló létesítmények tervezők által szolgáltatott adatait a kapott állományokból olvastuk be az érintett modellcellákba.

Az 1. ábra mutatja be a valóság river modul segítségével történő leképezését és értelmezését a modell celláiban.



1. ábra: A felszíni víz (vízfolyás, állóvíz) értelmezése a felszín alatti vizes modellben
(McDonald & Harbaugh, 1998 alapján)

A felszíni vízből a talajvíztartóba jutó hozam ($Q_{\text{folyó}}$) az alábbi képlettel számítható:

$$Q_{\text{folyó}} = C_{\text{folyó}} \cdot (H_{\text{folyó}} - h), \quad \text{ha } h > h_{\text{mederfenék}}$$

$$Q_{\text{folyó}} = C_{\text{folyó}} \cdot (H_{\text{folyó}} - h_{\text{mederfenék}}), \quad \text{ha } h \leq h_{\text{mederfenék}}$$

ahol

h = talajvízszint (mBf),

$H_{\text{folyó}}$ = a felszíni víz vízállása (mBf),

$h_{\text{mederfenék}}$ = a mederfenék szintje (mBf).

A $C_{\text{folyó}}$ a meder áteresztő képessége, a felszíni és a felszín alatti vizek kapcsolatára jellemző mérőszám, melynek számítása:

$$C_{\text{folyó}} = \frac{k_{\text{kolmatált}}}{m_{\text{kolmatált}}} L \cdot W,$$

ahol

$k_{\text{kolmatált}}$ = a kolmatált zóna szivárgási tényezője (m/s),

$m_{\text{kolmatált}}$ = a kolmatált zóna vastagsága (m),

L = a folyó hossza a cellán belül (m),

W = a folyó szélessége cellán belül (m).

A képletekből látható, hogy az utánpótlást a vízszintkülönbség indukálja, attól függően, hogy a vízfolyások/tavak/tározók/elárasztott területek vízszintje, vagy a környező területek talajvízszintje a magasabb, egy egyensúlyi helyzet alakul ki. Várhatóan a talajvíz szintje is követi a vízpótló létesítmények szintváltozásait, de a hatás a medertől való távolsággal csökken.

Az övárkokat, fogadó tározót és az elárasztott területet a tervezett max. üzemi vízszintekkel vettük figyelembe. A tervezett max. üzemi vízszinteket időben állandónak tekintettük. A fogadó tározó vízszintje a modellben állandóan 130,50 mBf, az elárasztott területé állandóan 128,50 mBf. Az övárkok vízszintjét szakaszosan, a hossz-szelvényekben foglaltaknak megfelelően adtuk meg. A fogadó tározó átlagos vízmélysége 1,05 m, az elárasztott terület becsült átlagos vízmélysége 0,5 m. Az egyes övárkok szakaszok szélességét egységesen 3,0 m-ben adtuk meg. A „Talajvizsgálati jelentés: Hajdúhátság vízgazdálkodásának fejlesztéséhez, CIVAQUA program” (VIZITERV Environ Kft., 2021) c. dokumentáció szerint a Nagyerdő területén az érintett talajrétegek vízáteresztő képessége $k = 5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-6}$ m/s, de a 108. és 116. sz. fúrásoknál egy-egy rétegnél 10^{-4} m/s, jó vízvezető. A mederfenék becsült vastagságát 1 m-ben, szivárgási tényezőjét ($k_{\text{kolmatált}}$) a talajmechanikai eredmények alapján becsülve egységesen 1×10^{-5} m/s értékkel adtuk meg a vízpótló létesítményekre.

4. A TERVEZETT VÍZPÓTLÁS SZIMULÁLT HATÁSA

A beépített vízpótló létesítményekkel a modellt tranziens állapotban futtattuk, ezzel a tervezett vízpótlás hatásának mértéke mellett a hatás kialakulásához szükséges időt is vizsgáltuk. A szimulációban a kezdeti vízszintet a vízpótlás nélküli modellváltozat számított (permanes) talajvízszint eloszlásával adtuk meg.

A vizsgálat célja annak becslése volt, hogy adott időszak alatt mekkora hatás, talajvízszint emelkedés várható és ez mely területekre terjed ki.

A számított talajvízszint eloszlást a vízpótlás kezdete utáni 1., 5., 10., 15., 20. és 30. évre ábrázoltuk. A Balti magasság feletti szintben ábrázolt eloszlásokat a 3-8. ábra tartalmazza. Az ábrák közül az első a modellben az 1 évnél folyamatos vízpótlás hatására kialakuló várható talajvízszint eloszlás, majd az 5, 10, 15 stb. évnél vízpótlás hatására kialakuló talajvízszint eloszlást bemutató ábrák következnek. Megfigyelhető, ahogy a vízpótlás hatása időszakra időszakra növekszik az ábrasorozaton belül.

Hogy a változások szembe tűnőbbek legyenek, ugyanezekre az időlépcsőkre elkészítettük a vízpótlás kezdetét megelőző állapothoz mért talajvízszintemelkedés ábráit. A vízpótlás nélküli alapállapothoz képest a számított talajvízszint emelkedés mértékét kifejező eloszlásokat az 9-14. ábra mutatja be. A differencia térképen a változások mértéke jól vizsgálható, megfigyelhető, ahogy a vízpótlás hatása időszakra időszakra növekszik az ábrasorozaton belül.

Végül a vizsgált időlépcsőkre a számított talajvízszint terep alatti mélységét bemutató eloszlásokat az 15. ábra-20. ábra tartalmazza.

Látható, hogy a bemutatott tranziens szimuláció alapján várhatóan legalább 5-10 év szükséges ahhoz, hogy a vízpótlás a Nagyerdő teljes területére hatást fejthessen ki, legalább +20 cm vízszintemelkedést tekintve hatásként. A későbbi időszakokban további (kisebb mértékű) talajvízszint emelkedés várható. A hatások lényegesen erősebbek a Nagyerdő északkeleti, vízpótló létesítmények közelében elhelyezkedő felén, a talajvízszint emelkedés mértéke délnyugat felé haladva, a vízpótló létesítményektől távolodva fokozatosan csökken.

A vízszintek emelkedése először a vízpótló létesítmények közvetlen közelében megy végbe, majd a hatás idővel tova terjed. A szimulációk eredménye szerint a vízpótlás kezdetétől számított 5-10 éven belül a várható hatások jelentős része kialakul. Ha a vízpótlás csak időszakosan, vagy korlátozottan tud megvalósulni, akkor a talajvízszint emelkedés kialakulása időben elhúzódhat és/vagy kisebb mértékben következhet be.

Fontos, hogy a szimulációban kialakuló vízszintek a modell jellegéből adódóan előzetes becslésnek tekinthetők, mivel a modell bemeneti adatai részben becsült paraméteren alapulnak, a modell a valósághoz képest számos egyszerűsítést tartalmaz. A bizonytalanságok ellenére az eredmények jól tükrözték a vízpótló létesítmények hatására várható változásokat, a talajvízszint várható emelkedését.

A valóságban a folyamat várhatóan szakaszosan történik, nem teljesen folytonos, egyenletes növekedéssel, hiszen a felszíni vizek és a talajvíz szintje is folyamatosan változik egy-egy éven belül az időjárás változásokkal együtt. A téli időszakokra általánosan jellemző erőteljesebb vízszintemelkedést a nyári időszakban visszahúzódás követhet, de minden évben emelkedhet az átlag, ha a vízpótlás időben folyamatosan működik.

A kedvező változások elhúzódása azon is múlhat, hogy vízpótló létesítményekből történő felszín alá szivárgást lehetőség szerint az év teljes időszakában fenn kell tartani.

Fontos, hogy a hatások kialakulásának időbeli lefolyásáról fent leírtak becslésnek tekinthetők, a levont következtetések a modellváltozat keretein belül érvényesek, az eredmények tájékoztató jellegűek. A gyakorlatban megfigyelő kutakból álló monitoring rendszerrel javasolt vizsgálni a felszín alatti vízpótlás hatásit a kezdetektől fogva, az alapállapot rögzítését is beleértve. A monitoring eredmények (monitoring létesítményekben észlelt vízszintek) értékelésével határozható meg a vízpótlás üzemelésének pontos térbeli hatása és a folyamatok időbeli alakulása.

A létesítményekből a felszín alá szivárgó vízmennyiség becslése kapcsán az egyik fontos paraméter a vízpótló létesítményekben a mederüledék áteresztő képessége és annak területi eloszlása, változékonysága. Ezt jelen tervezési fázisban egy talajmechanikai vizsgálati eredményeken alapuló, becsült értékkel vettük figyelembe.

A vízpótlás hatásainak pontosabb előre jelzésére nyílik lehetőség terepi tesztek és vizsgálatok eredményeinek és tapasztalatainak értékelésével. Alkalmazható teszt eljárás lehet például egy adott méretű gödörben végzett nyeletéses vizsgálat, mellyel mérhető az elszivárgás sebessége, meghatározható a vertikális hidraulikus vezetőképesség, és bizonyos esetben a talajvízszintre gyakorolt hatás. A gödör környezetében figyelőkutak alkalmazása szükséges, feltáró fúrásokkal a telítetlen zónában a nedvesítési front alakulása is vizsgálatára is van lehetőség. A terepi tesztek eredménye alapján becsülhetők a nagyobb léptékű alkalmazás várható hatásai. A terepi tesztek eredményei tervezési alapadatként használhatók a továbbiakban.

Nemzetközi példák alapján a várható hatások leginkább pontos előrejelzését ún. pilot projekt végrehajtásával lehet elvégezni. Ezt olyan tevékenységnek tekinthetjük, melynek célja a vízpótlás alkalmazás kipróbálása „kicsiben”, működtetése egy adott területen (lehetőleg huzamosabb időtartammal: néhány hónap, akár 1-2 év) és a tapasztalatok alapján a szükséges módosítások, optimalizálás, finomhangolás elvégzése. A pilot projektek lehetővé teszik tervezési alapadatok pontosítását, véglegesítését – értelemszerűen jelentősebb költség és idő ráfordítás mellett. A pilot tapasztalatok alapján pontosabban becsülhető, előre jelezhető egy adott projekt teljesítménye, várható eredményei. A pilot projekt nyomon követéséhez megfelelő monitoring rendszer szükséges. Előnyös lehet ebben a fázisban is numerikus modellezést alkalmazni, a numerikus modell tovább javítható, kalibrálható a folyamatosan érkező monitoring eredményekkel (Füle et al., 2024).

A tapasztalatok szerint a vízpótlás üzemeltetése során idővel a mederüledék áteresztő képessége romlik, a mederüledék kolmatálódik. Ezzel arányosan csökken a felszín alá beszivárgó víz mennyisége is. Az üzemeltetés során -az üzemelési tapasztalatok függvényében- szükség lehet az áteresztő képesség fenntartását javító, regeneráló műszaki beavatkozásra, a vízpótlás céljaival összhangban.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen feladat keretében a Nagyerdő tervezett vízpótlásának hatásait vizsgáltuk felszín alatti vizes modell segítségével.

2022-ben felszín alatti víz modellvizsgálat készült a Nagyerdő tervezett vízpótlásának vizsgálatára, a jelenleg tervezett vízpótlás várható hatásait ebben a 2022-es modellben vizsgáltuk. A hidrodinamikai modell részletes leírását „A Debreceni Nagyerdő vízpótlásának vizsgálata, Hajdúhátság vízgazdálkodásának fejlesztése – CIVAQUA program (KEHOP-1.3.0) komplex előkészítési feladatai” (VIZITERV Environ Kft., 2022) c. dokumentáció részletesen tartalmazza. A modell szerkezetét, bemenő adatait, peremfeltételeit nem változtattuk meg.

A vízpótlás létesítményeit a modellben a MODFLOW river modul segítségével adtuk meg, a vízpótló létesítményeket a tervezett max. üzemi vízszinttel vettük figyelembe, a vízpótló létesítmények vízszintjét időben állandónak tekintettük.

A beépített vízpótló létesítményekkel a modellt tranziens állapotban futtattuk, ezzel a tervezett vízpótlás hatásának mértéke mellett a hatás kialakulásához szükséges időt is vizsgáltuk. A vizsgálat célja annak becslése volt, hogy adott időszak alatt mekkora hatás, talajvízszint emelkedés várható és ez mely területekre terjed ki.

A számított talajvízszint eloszlást a vízpótlás kezdete utáni 1., 5., 10., 15., 20. és 30. évre ábrázoltuk, ezekre az időlépcsőkre elkészítettük a vízpótlás kezdetét megelőző állapothoz mért talajvízszint emelkedés ábráit, valamint a számított talajvízszint terep alatti mélységét bemutató eloszlásokat.

A vízpótlás hatása időszakról időszakra növekszik az ábrasorozaton belül. A vízszintek emelkedése először a vízpótló létesítmények közvetlen közelében megy végbe, majd a hatás idővel tova terjed. A bemutatott tranziens szimuláció alapján várhatóan legalább 5-10 év szükséges ahhoz, hogy a vízpótlás a Nagyerdő teljes területére hatást fejthessen ki, legalább +20 cm vízszintemelkedést tekintve hatásként. A későbbi időszakokban további (kisebb mértékű) talajvízszint emelkedés várható. A hatások lényegesen erősebbek a Nagyerdő északkeleti, vízpótló létesítmények közelében elhelyezkedő felén, a talajvízszint emelkedés mértéke délnyugat felé haladva, a vízpótló létesítményektől távolodva fokozatosan csökken.

A modellvizsgálat rámutatott arra, hogy a vízpótlás a Nagyerdő egész területét tekintve várhatóan eredményesen végezhető, a vízpótló rendszer a modell szerint alkalmas lehet a célok megvalósítására. A lokális hatásokat részletes lokális vizsgálatokkal lehet igazolni, pontosítani, a jelenlegi modell inkább átfogó, a vízpótlási koncepciót tárgyaló vizsgálat, amely rámutatott arra, hogy eredményes lehet a vízpótlás a vizsgált területeken.

A jelen vizsgálatban alkalmazott modell a vizsgált területre korábban létrehozott modellek leírásán alapul, a vizsgált területet jellemző paraméterek tekintetében általánosító jellegű, számos egyszerűsítést, becsült paramétert tartalmaz, nem vizsgálja a vízpótló létesítmények környezetének közvetlen, lokális adottságait. A modell további megfelelő adatokkal, információval tovább fejleszthető, amelyre alkalmas lehetőséget teremthetnek például a tervezési fázisban végzett további terepi tesztek és vizsgálatok, illetve a vízpótló létesítmények létesítése során és a vízpótlás megkezdését követően gyűjtött információ és gyakorlati tapasztalatok.

Fontos, hogy a hatások kialakulásának időbeli lefolyásáról fent leírtak becslésnek tekinthetők, a levont következtetések a modellváltozat keretein belül érvényesek, az eredmények tájékoztató jellegűek. A gyakorlatban javasolt megfigyelő kutakból álló monitoring rendszerrel nyomon követni a vízpótlás felszín alatti vízre gyakorolt hatását a kezdetektől fogva, az alapállapot rögzítését is beleértve. A monitoring eredmények (monitoring létesítményekben észlelt vízszintek) értékelésével határozható meg a vízpótlás üzemelésének pontos térbeli hatása és a folyamatok időbeli alakulása. A folyamatok nyomon követése lehetőséget ad arra, hogy a beavatkozás hatékonyságát növeljük.

IRODALOMJEGYZÉK

Füle L., Kiss Sz., Laurinyecz P., 2024: A célzott felszín alatti vízpótlás (MAR) hazai alkalmazási lehetőségei a Duna-Tisza közti Homokhátság és a Nyírség területén, In: A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XLI. Országos Vándorgyűlés dolgozatai (felelős szerk: Somlyódi Balázs-Dr. Váradi József) ISBN 978-963-8172-46-4

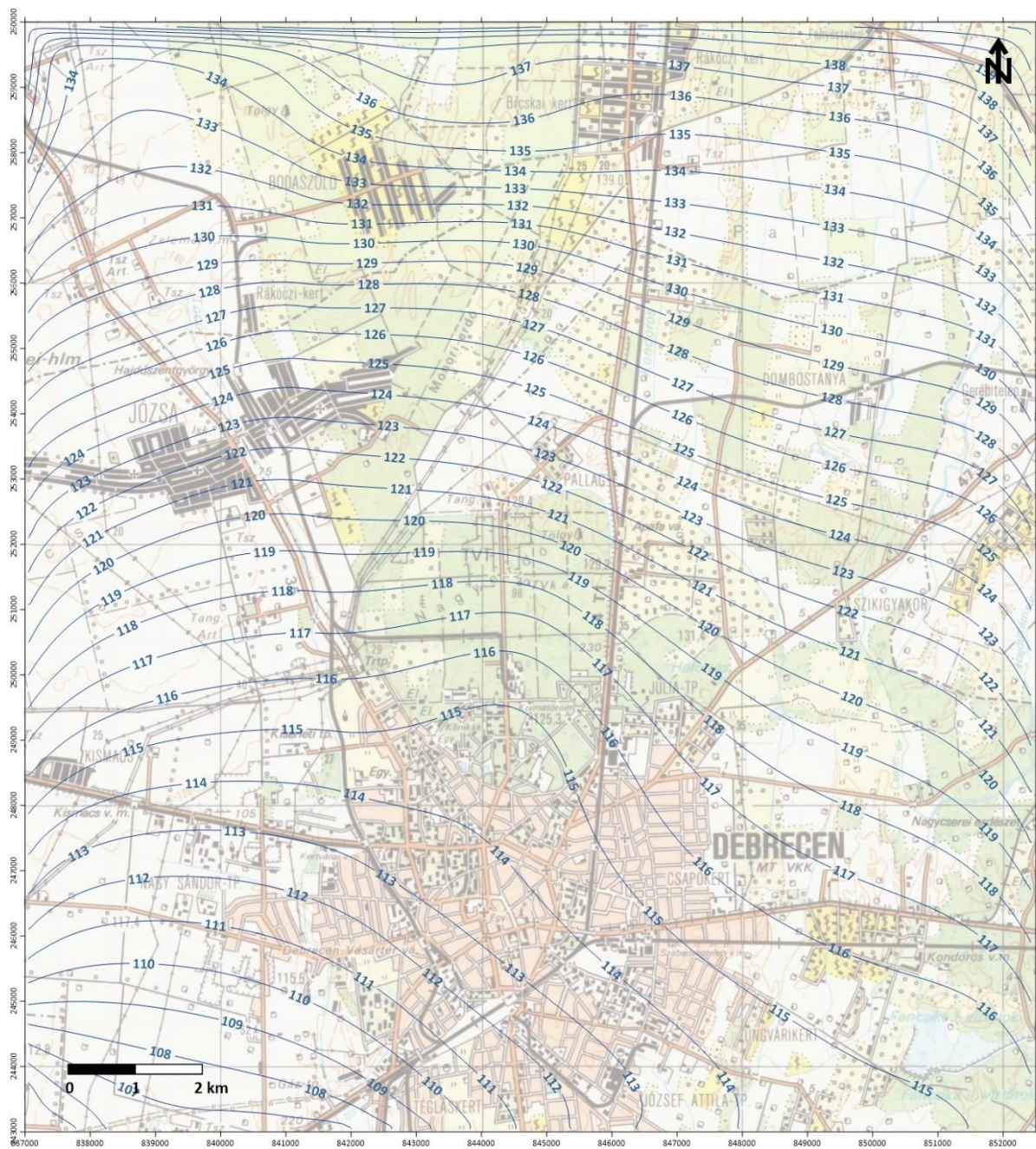
Kovács B., 2004: Hidrodinamikai és transzportmodellezés (Processing MODFLOW környezetben), Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, GÁMA-GEO Kft.

McDonald, M. & Harbaugh, A.W., 1988: A Modular Three-Dimensional Finite Difference Ground-Water Flow Model. In: Techniques of Water-Resources Investigations, Book 6, U.S. Geological Survey, 588.

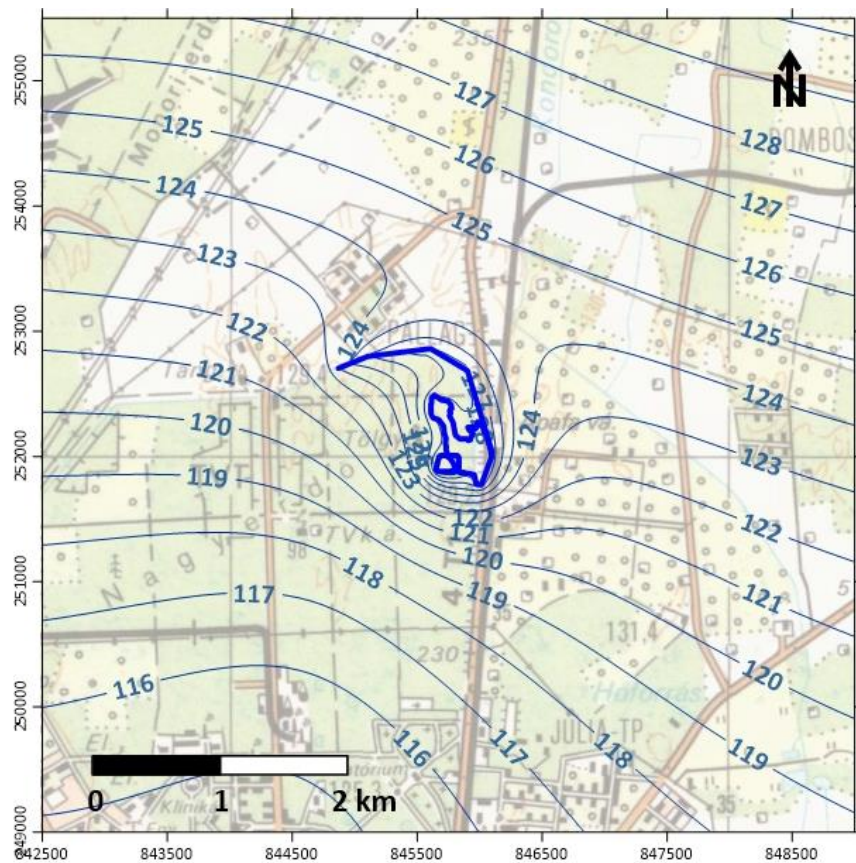
VIZITERV Environ Kft., 2021: Talajvizsgálati jelentés: Hajdúhátság vízgazdálkodásának fejlesztéséhez, CIVAQUA program

VIZITERV Environ Kft., 2022: A Debreceni Nagyerdő vízpótlásának vizsgálata, Hajdúhátság vízgazdálkodásának fejlesztése – CIVAQUA program (KEHOP-1.3.0) komplex előkészítési feladatai

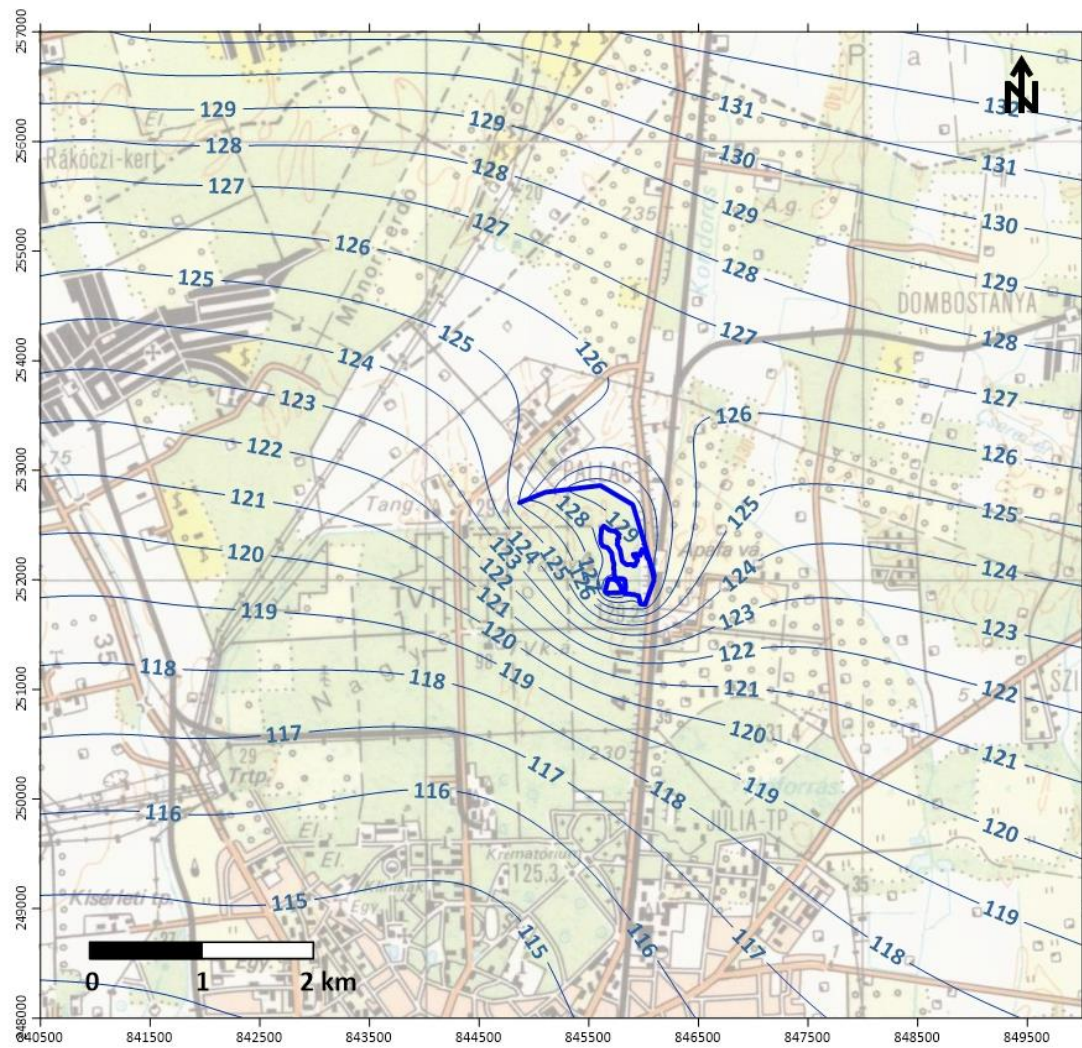
ÁBRÁK



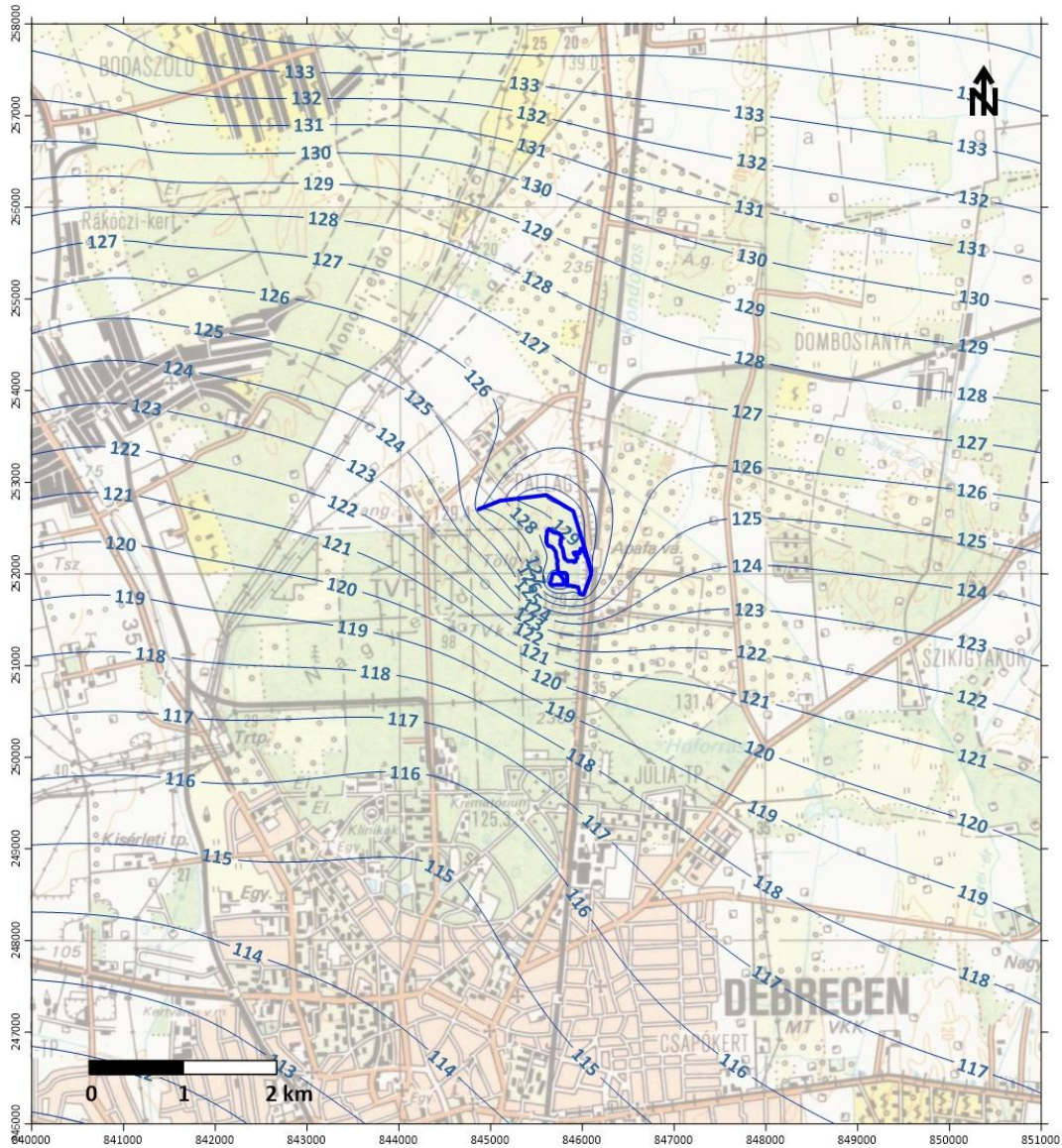
2. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás (mBf) vízpótlás nélkül, alapállapot



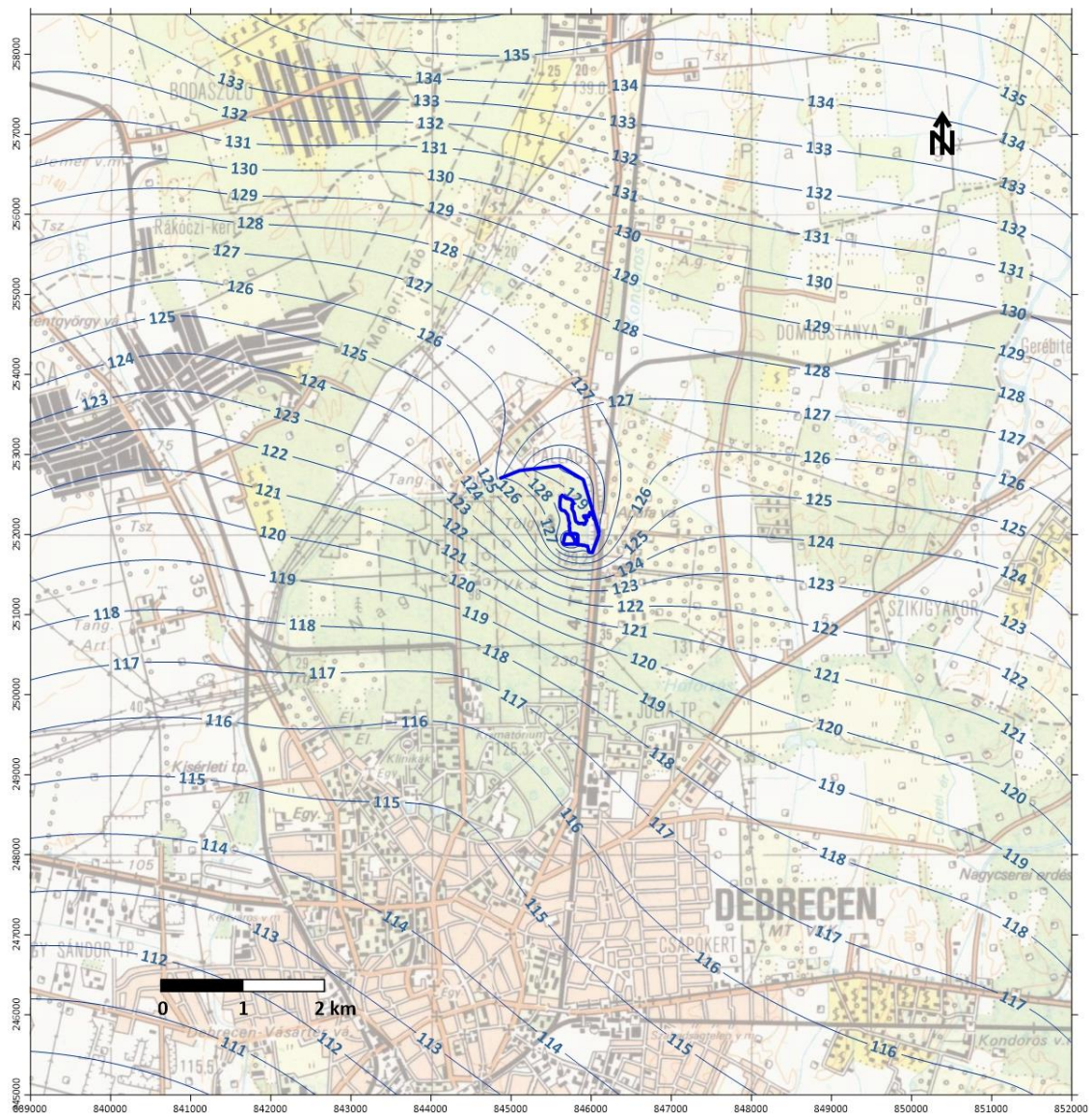
3. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 1 év vízpótlás után (mBf)



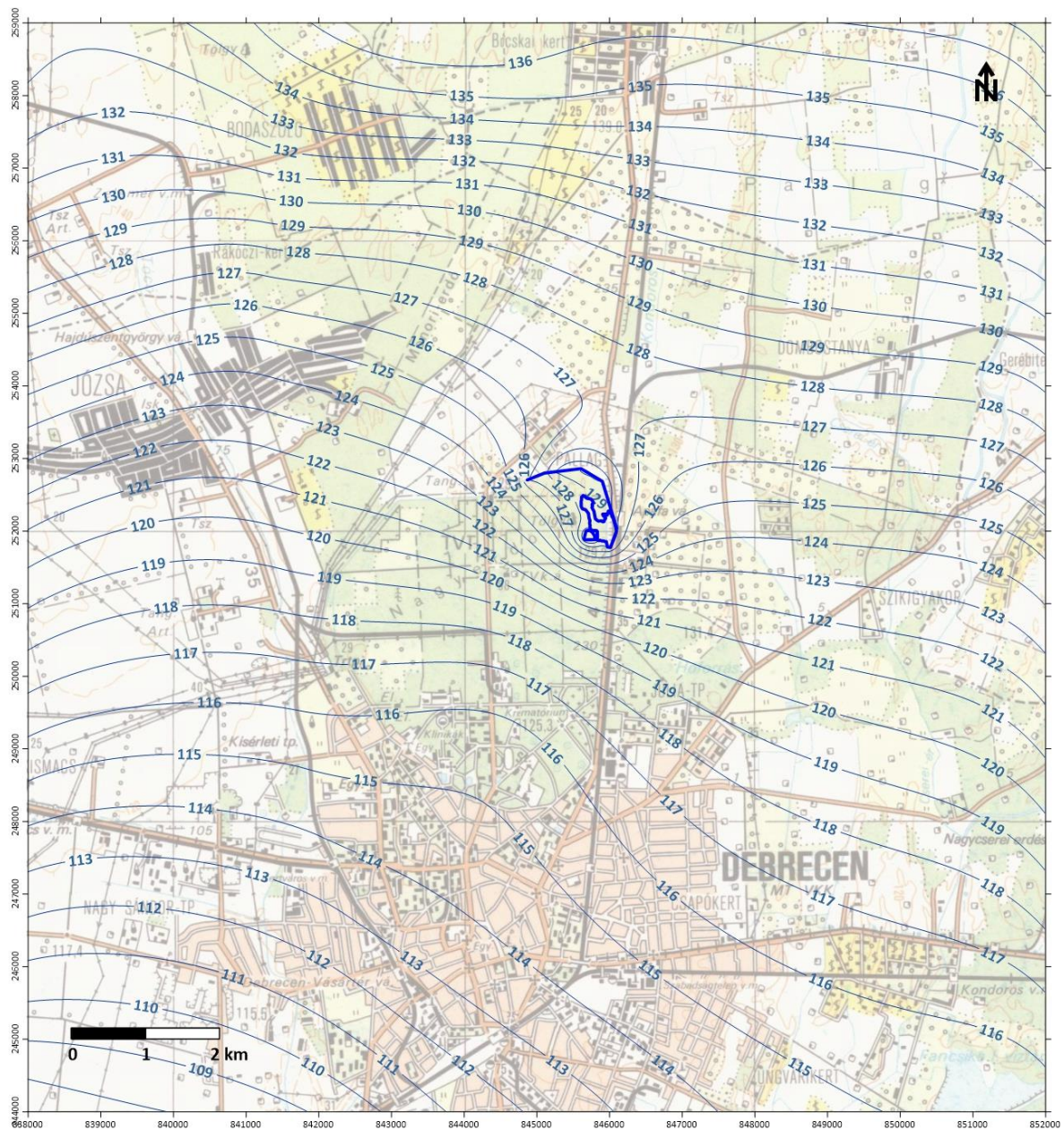
4. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 5 év vízpótlás után (mBf)



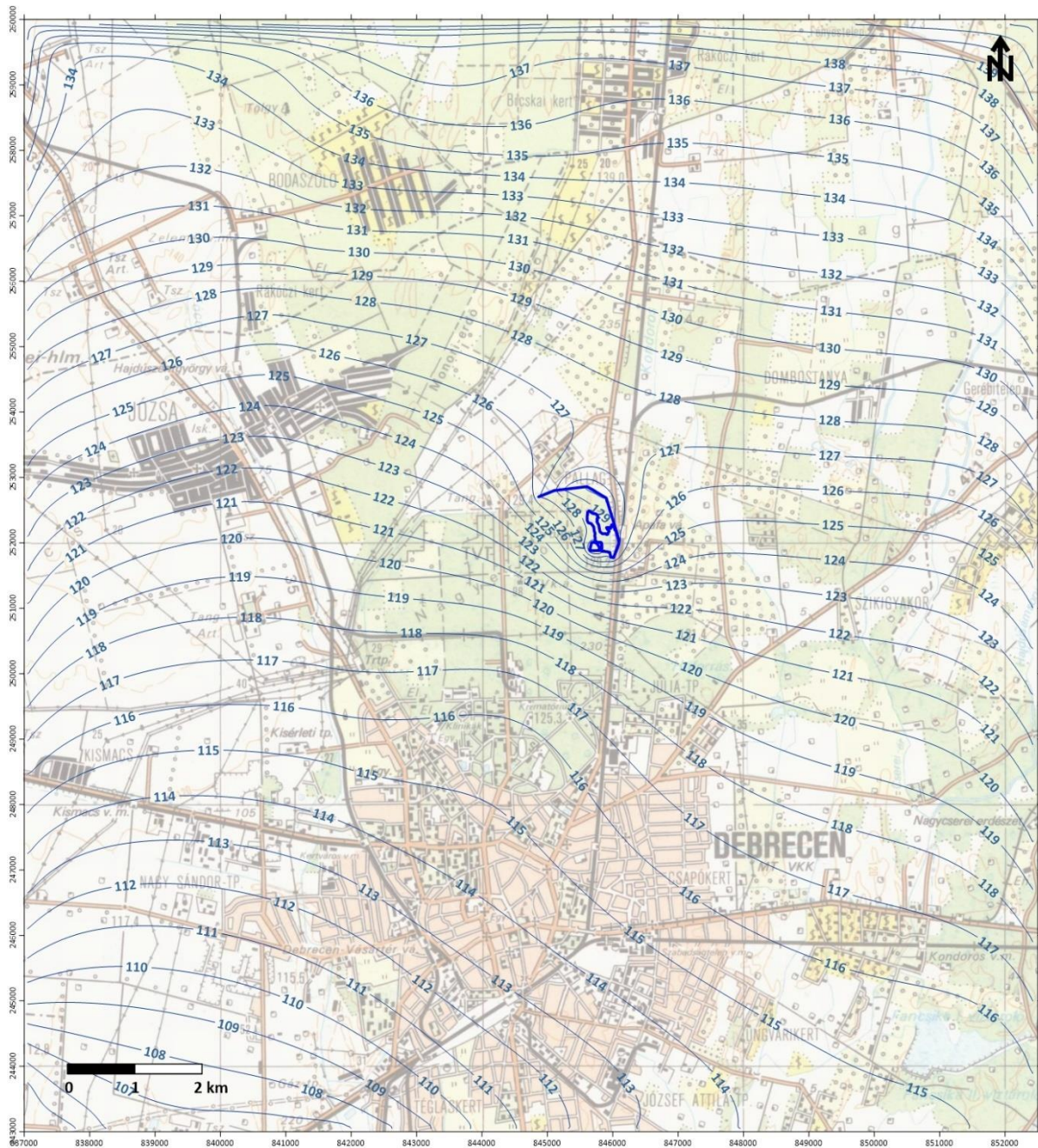
5. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 10 év vízpótlás után (mBf)



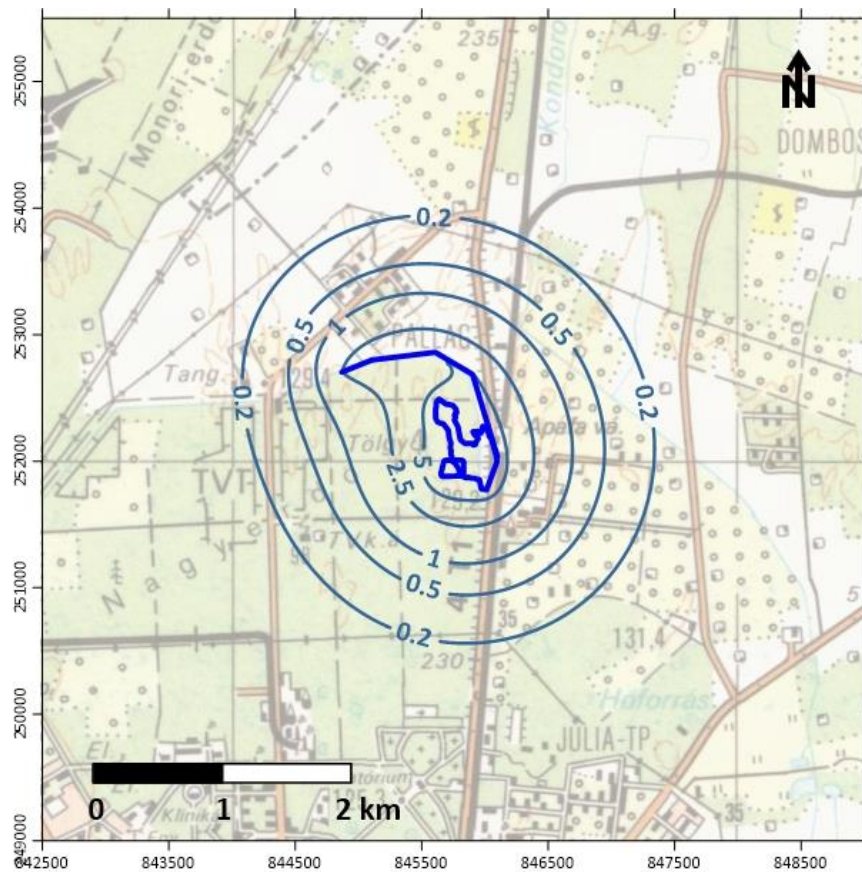
6. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 15 év vízpótlás után (mBf)



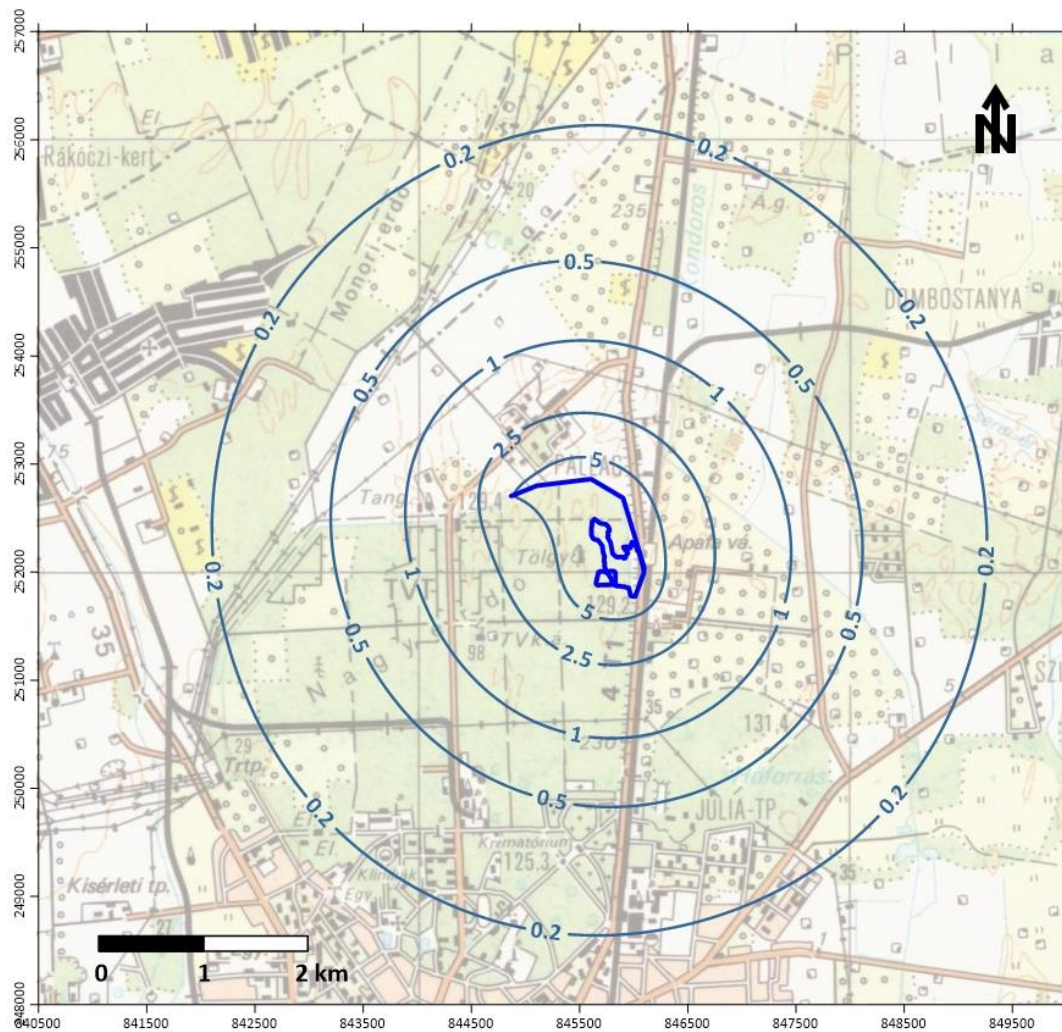
7. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 20 év vízpótlás után (mBf)



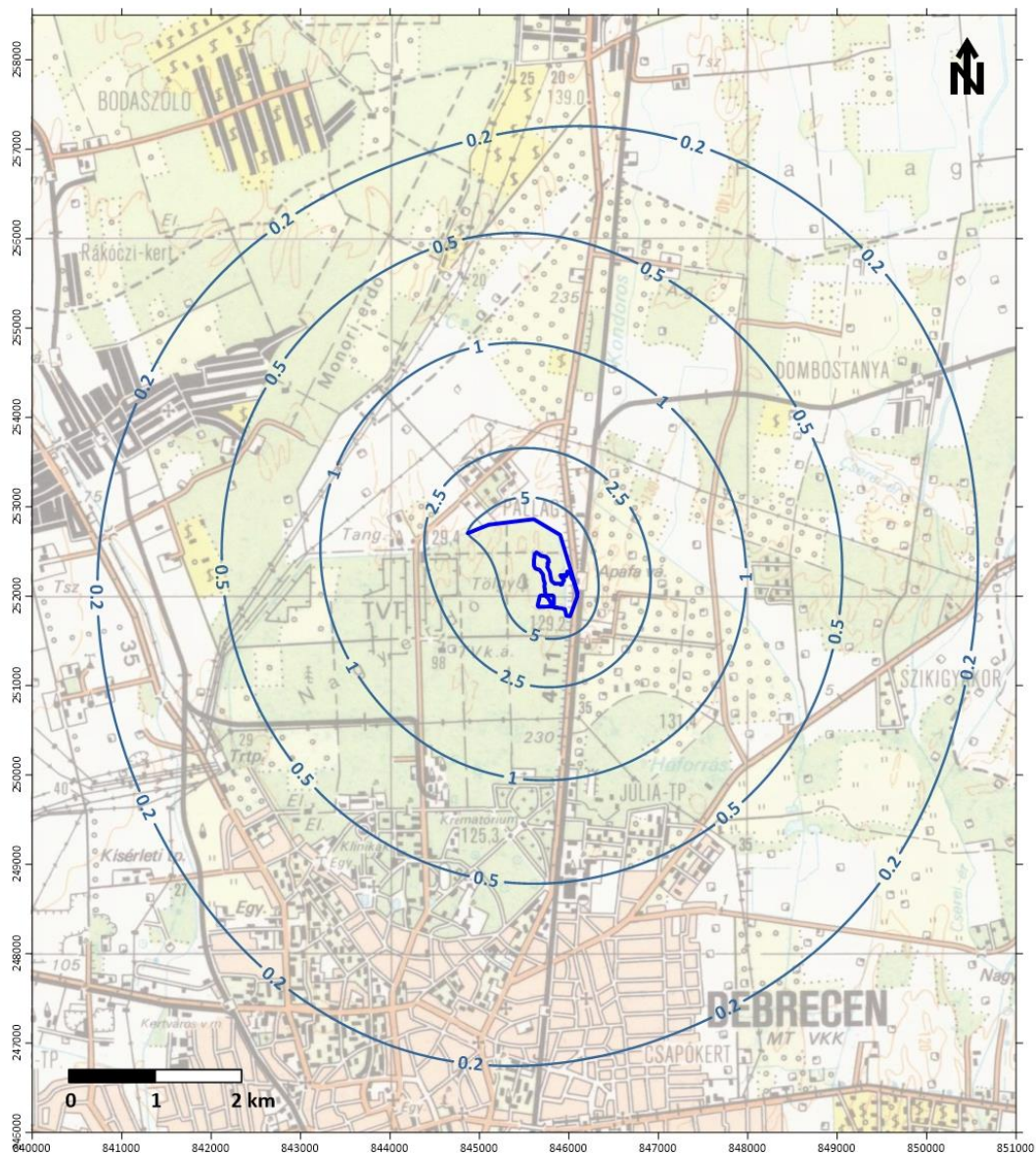
8. ábra: szimulált felszín alatti vízszint eloszlás 30 év vízpótlás után (mBf)



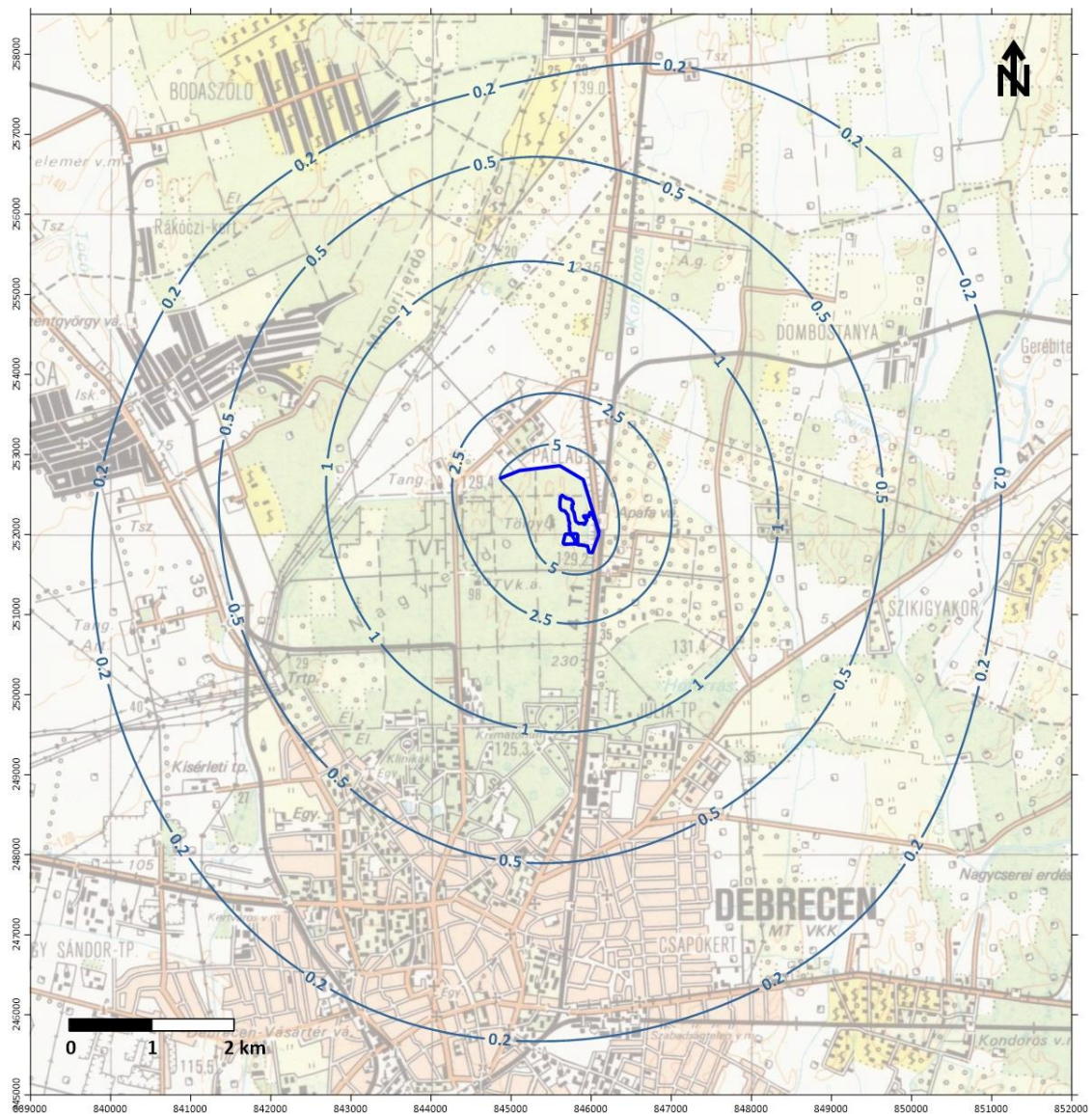
9. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 1 év vízpótlás után (m)



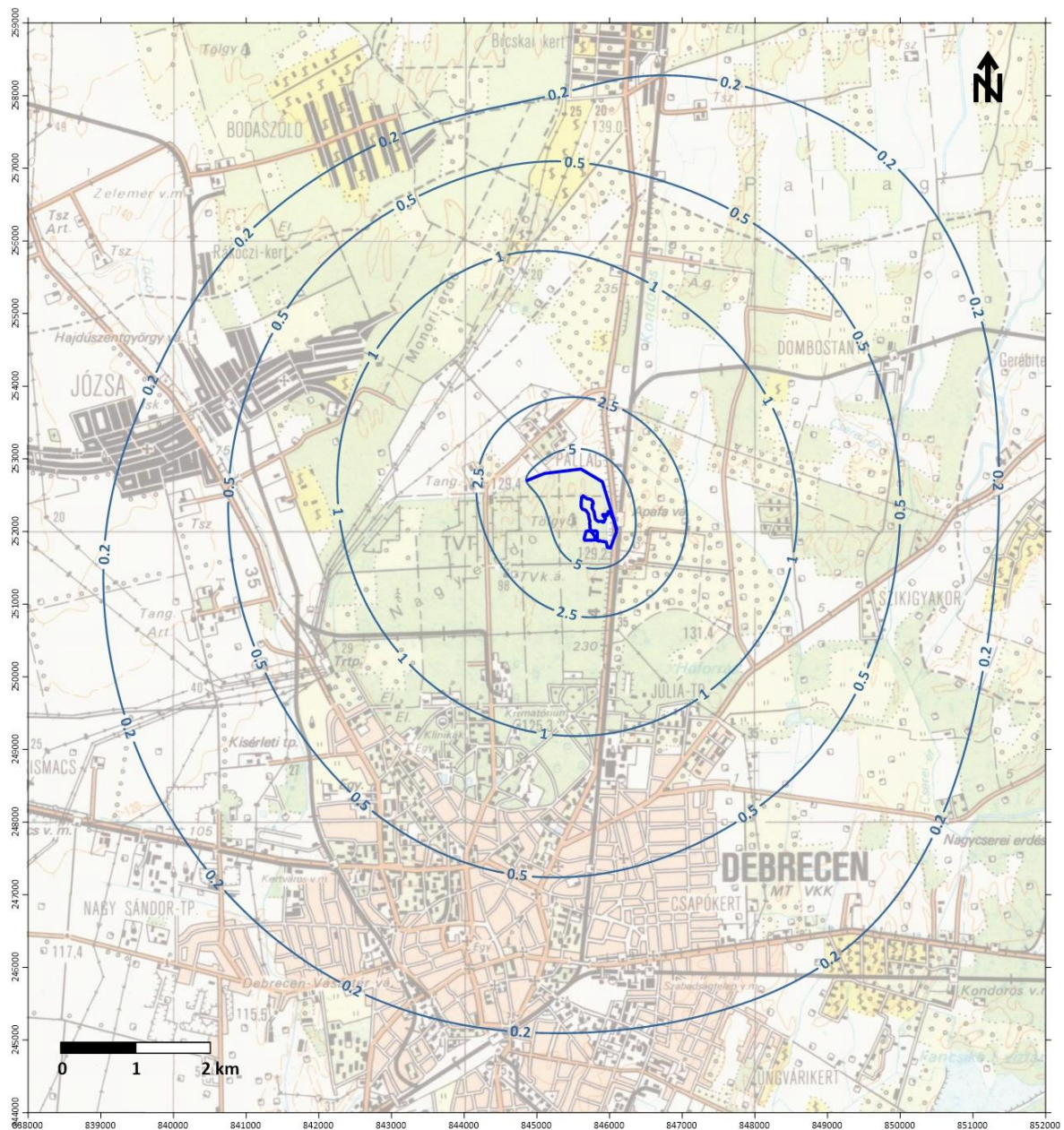
10. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 5 év vízpótlás után (m)



11. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 10 év vízpótlás után (m)

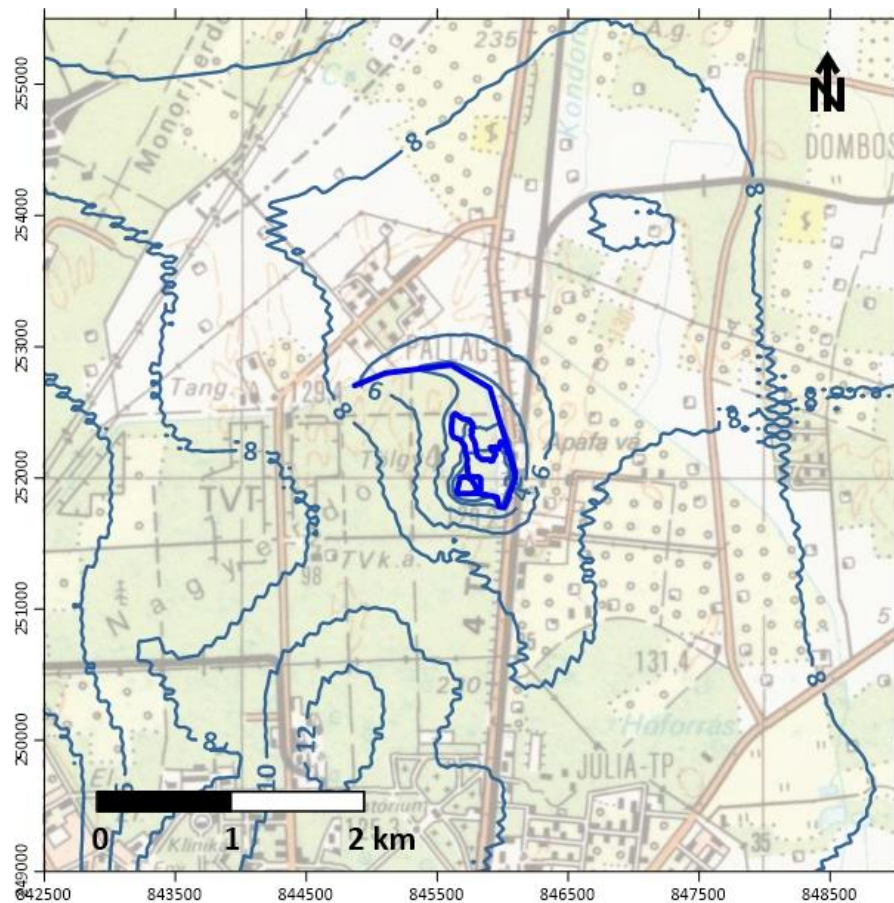


12. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 15 év vízpótlás után (m)

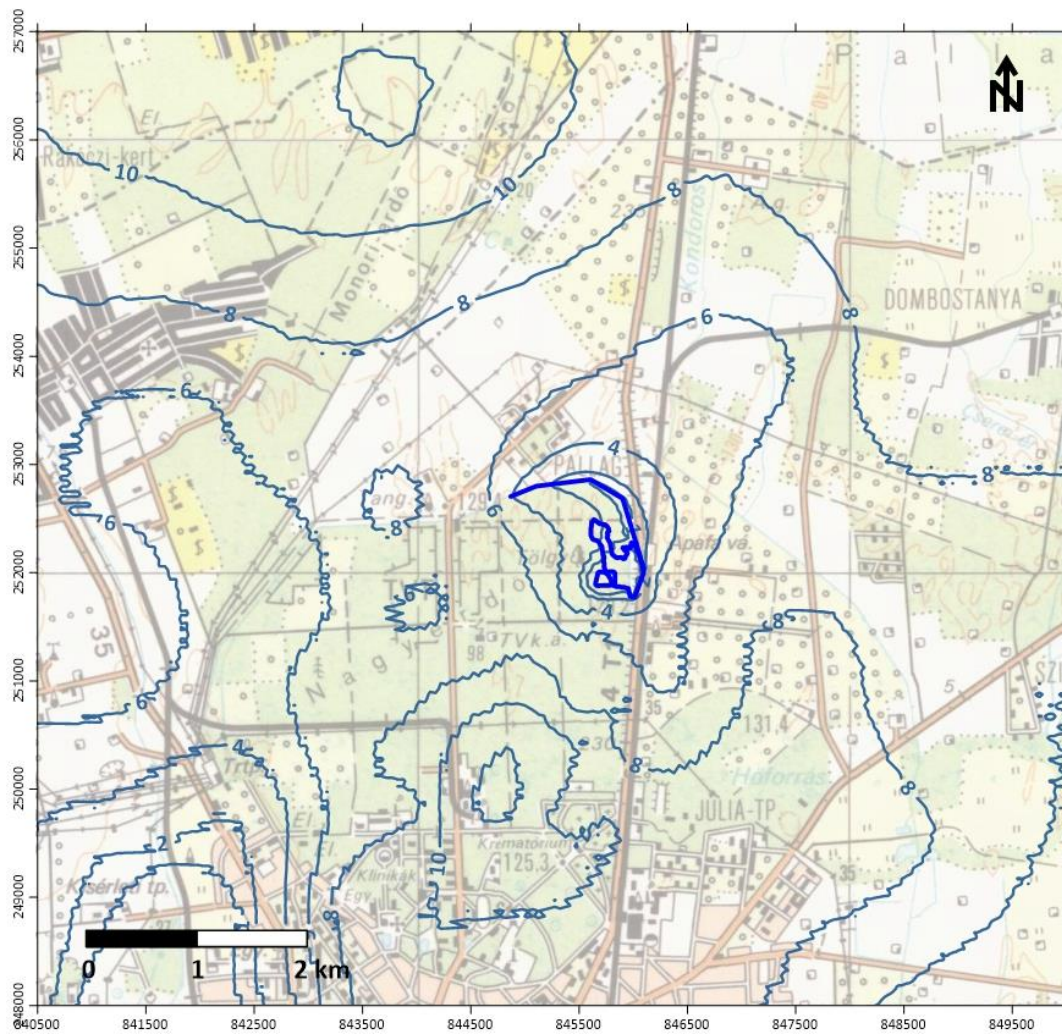


13. ábra: szimulált felszín alatti vízszint emelkedés az alapállapothoz képest 20 év vízpótlás után (m)

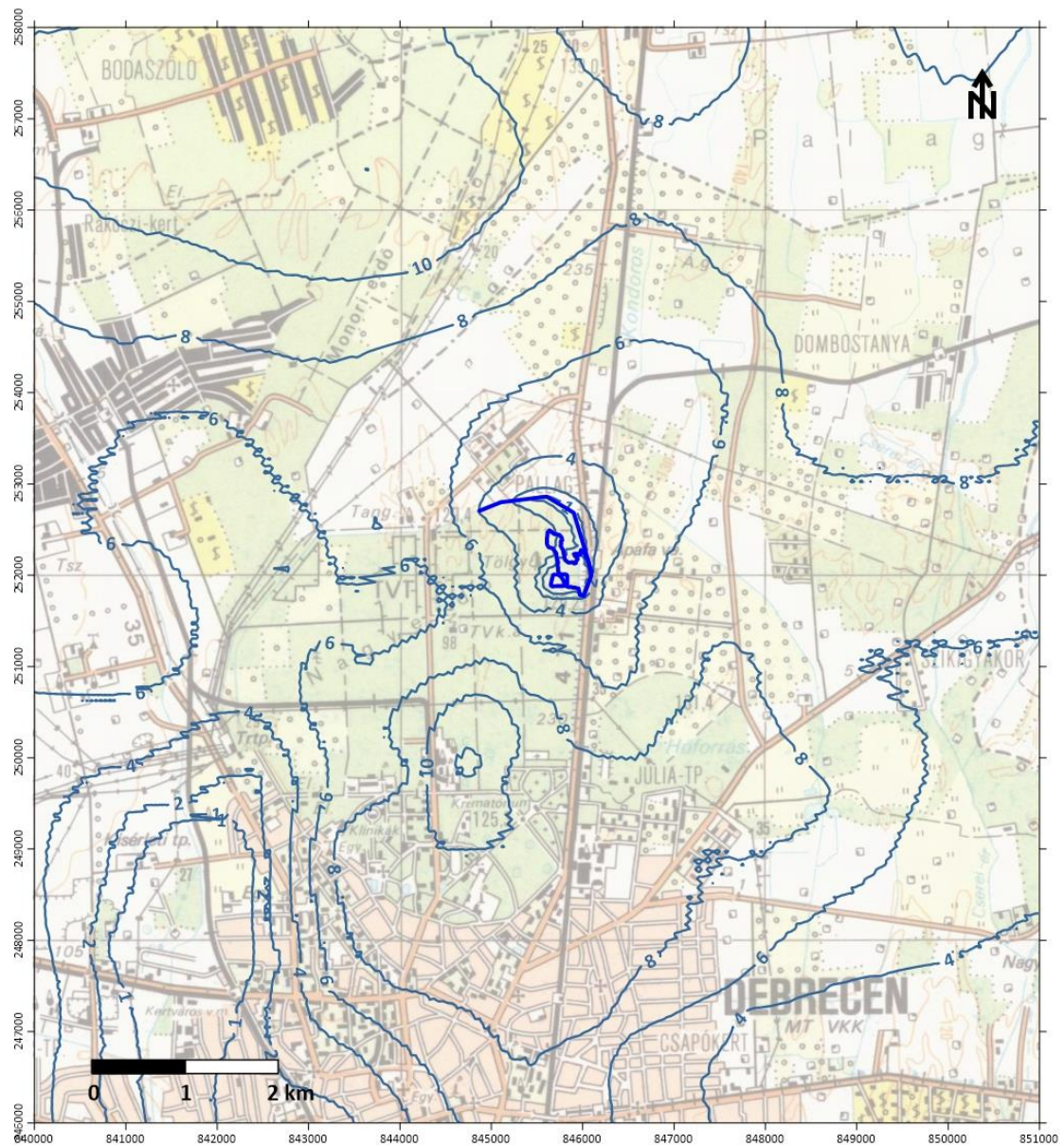
23



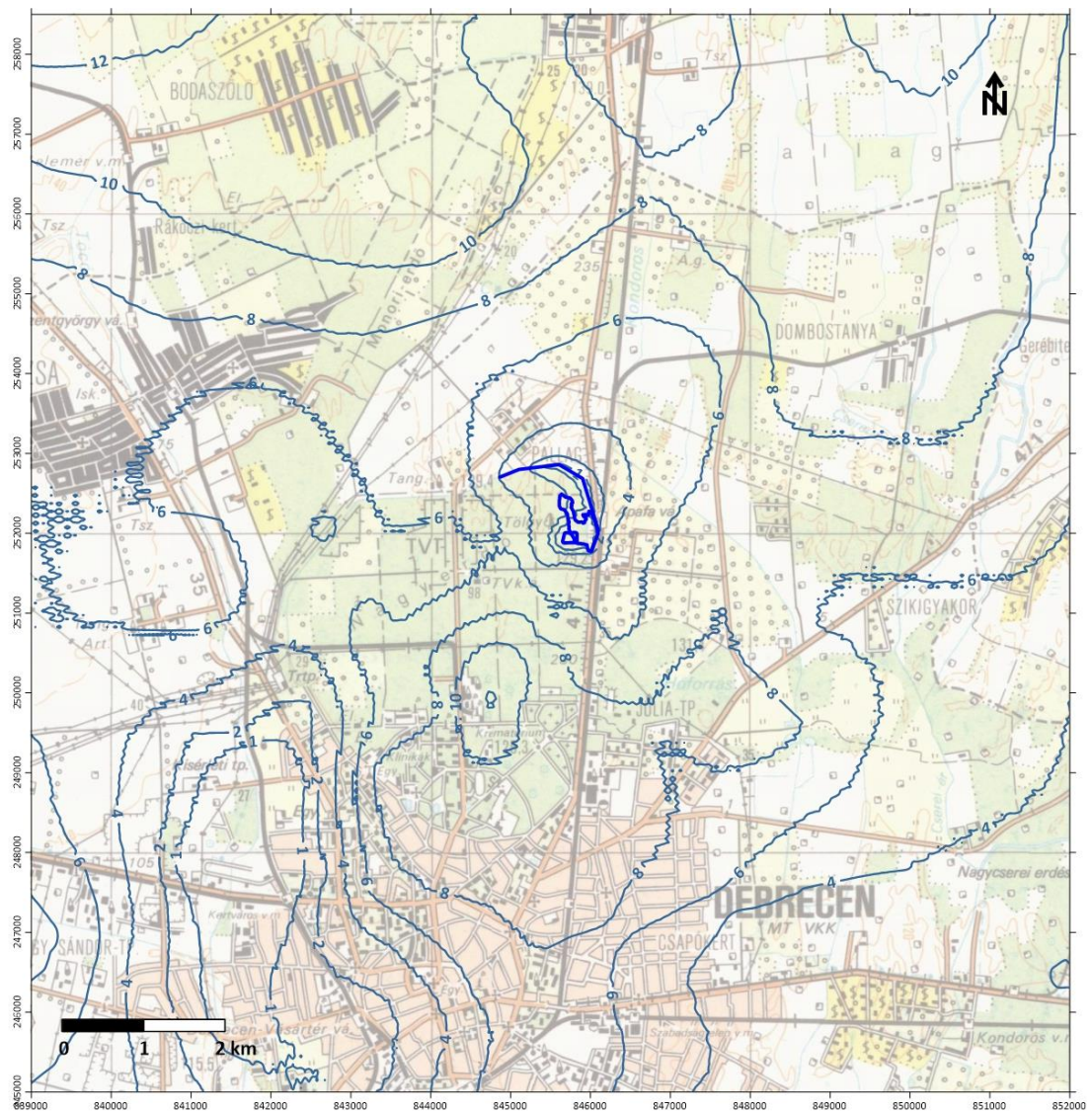
15. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 1 év vízpótlás után (m)



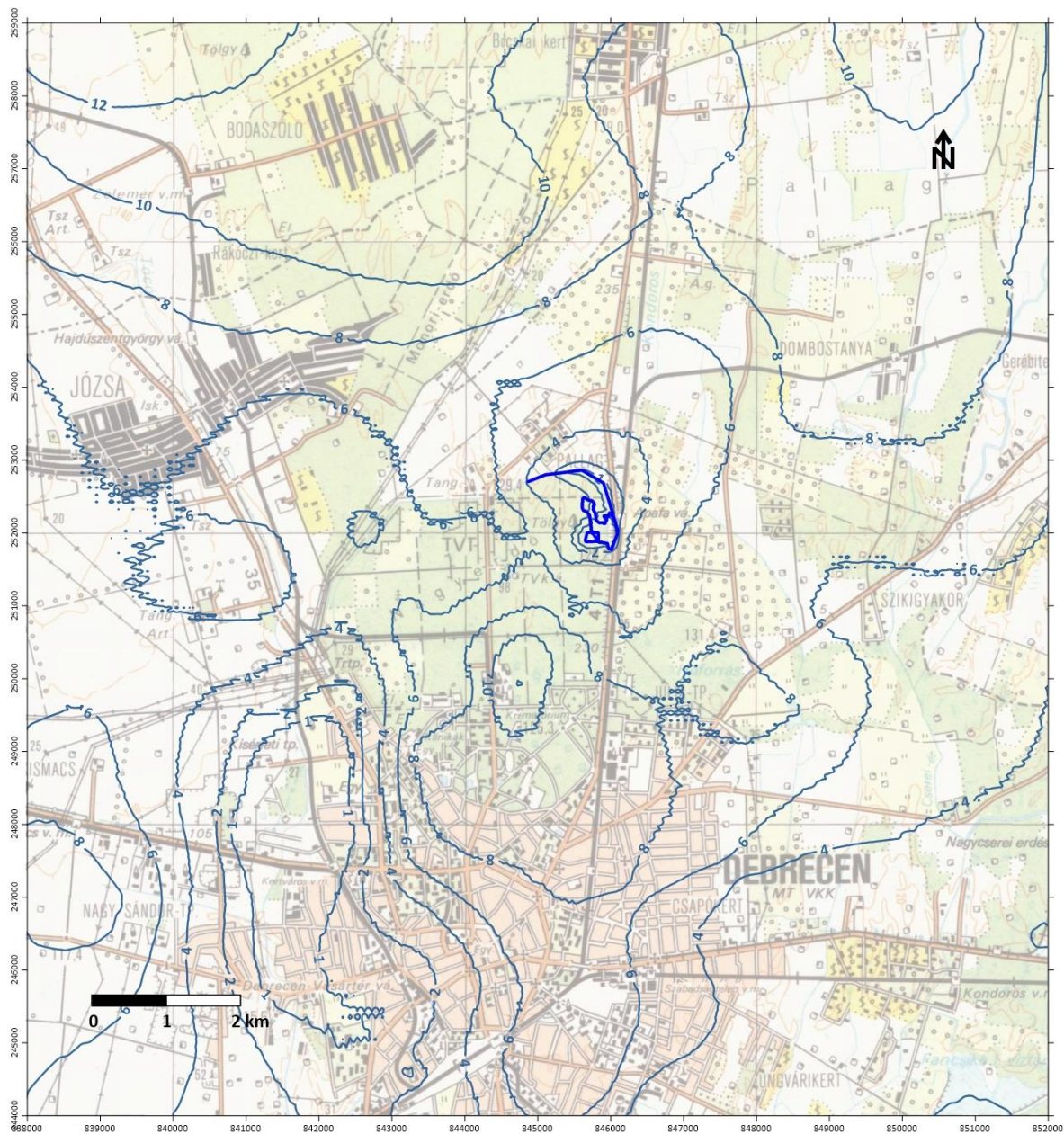
16. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 5 év vízpótlás után (m)



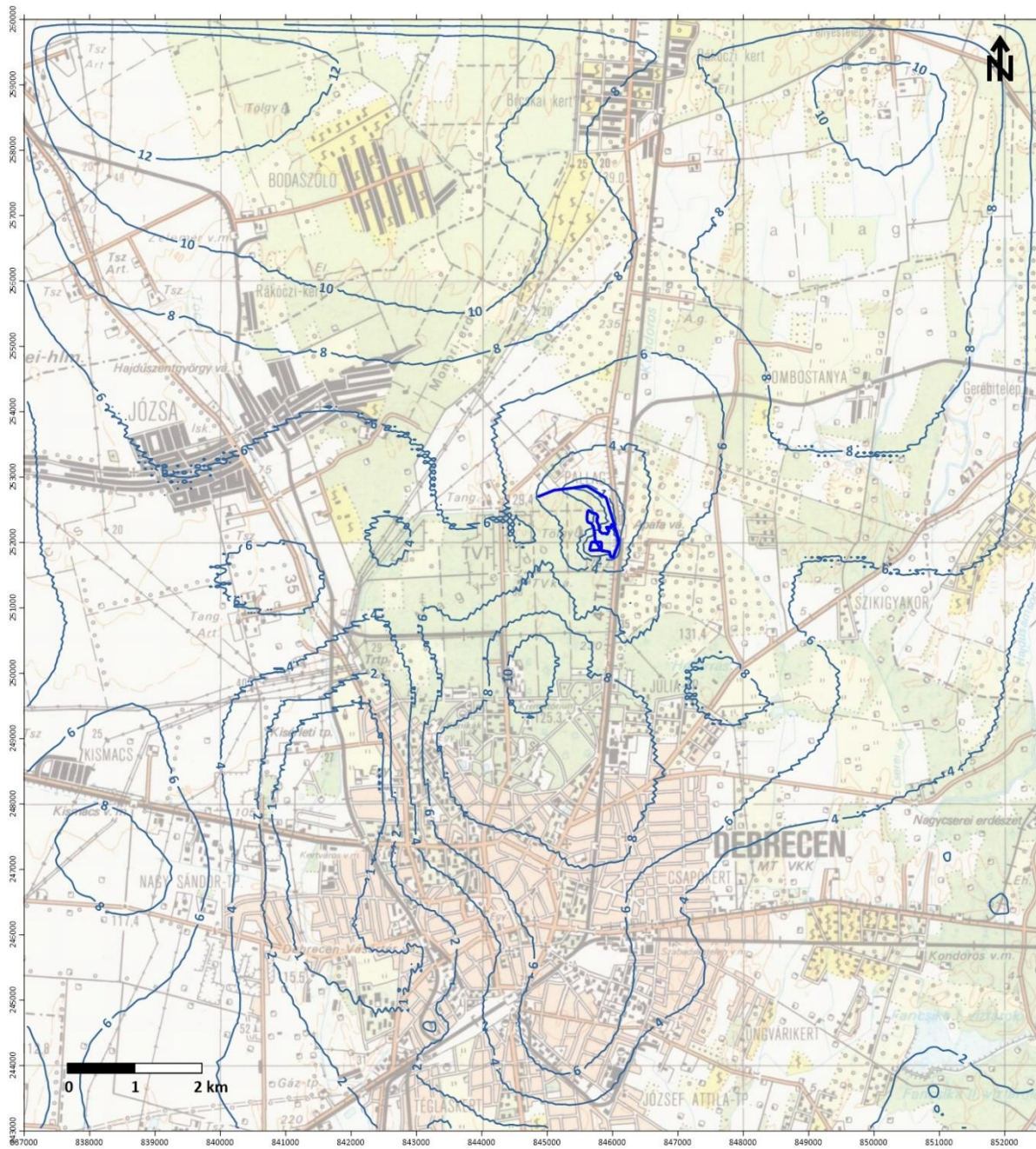
17. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 10 év vízpótlás után (m)



18. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 15 év vízpótlás után (m)



19. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 20 év vízpótlás után (m)



20. ábra: szimulált felszín alatti vízszint mélysége terepszint alatt 30 év vízpótlás után (m)