

Lefolyási viszonyok vizsgálata Digitális Magassági Modell felhasználásával

Nagy Ildikó – Bíró Tibor – Tamás János

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen
inagy@gissserver1.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A síkvidéki területek vízviszonyairól a domborzat elemzése révén tájékozódhatunk. Ehhez a Digitális Magassági Modell nyújt segítséget, melynek használatával pontos képet kaphatunk a terepfelszínén történő lefolyási viszonyokról, mely alapul szolgál az összegyülekezés elemzéséhez is. Jelen munkánkban a Hajdúsági-löszháton kijelölt mintaterület Digitális Magassági Modelljét készítettük el, amely lehetővé tette a felszín lefolyási viszonyainak vizsgálatát. A lefolyási irányok konvergenciája ill. divergenciája megmutatta az összegyülekezés mértékét és a lehetséges belvízfoltok helyét. A modell segítségével meghatározhatóvá válik a túlnedvesedésre hajlamos területek konkrét elhelyezkedése és területe. Ennek ismerete hatékony eszközként szolgálhat a termesztés optimalizálásában a gazdálkodók számára, továbbá a vizgazdálkodási beavatkozások megfelelő időbeni és térbeli elvégzésében.

Kulcsszavak: Digitális Magassági Modell, lefolyás, belvíz

SUMMARY

We can get information about water conditions of plane areas by analyzing their relief. By using the Digital Elevation Model, we can get proper information about runoff conditions in the terrain surface, which is the basis for ponding analysis. In our study, a Digital Elevation Model of the sample plot in Hajdúsági-löszhát (loess ridge) was created that makes possible the determination of runoff conditions of the surface. Convergence and divergence of runoff direction showed the rate of ponding and the location of possible inland-water spots. By using this model, concrete location of those areas that tend to be overmoistured could be determined. Knowledge of this phenomenon can be an effective instrument for farmers in optimizing crop growing, and additionally in performing water management interventions in proper time and space.

Keywords: Digital Elevation Model, runoff, inland-water

BEVEZETÉS

A belvíz síkvidéki területeink sajátos jellemzője, az ország 45%-át érinti (Önkormányzati Vízügyi Kézikönyv, <http://www.ovf.hu>). A belvízi problémákat elsősorban az Alföldön érzékeljük, egyrészt a tájegység hatalmas és termékeny volta, másrészt a természet földrajzi adottságokból származó belvízi veszélyeztetettség miatt (Pálfai, 1994). A belvizek elsősorban a mezőgazdaságban okoznak súlyos károkat, melyek alapvetően két részre oszthatók: a közvetlen és a közvetett károkra. Közvetlen kárként a termés mennyiségének csökkenését, minőségének romlását, a tenyészidő

módosulását, stb. értelmezhetjük. Közvetett kár a talajszerkezet romlása, a talaj tápanyagkészletének mennyiségi csökkenése, minőségi romlása, a művelt talajszelvény térfogatsúlyának növekedése, és a talaj mikrobiális aktivitásának csökkenése. Ez utóbbi hatások együttesen csökkentik a talaj termékenységét (Petrasovits és Vajdai, 1982; Vajdai, 1981).

A belvizek keletkezése, az elöntés nagysága, tartóssága, valamint gyakorisága véletlenszerű hidrológiai események és jelenségek sorozatának következménye (Bíró et al., 2002). A belvízfoltok kialakulásának lehetséges helye magassági modell segítségével lehatárolható. A digitális magassági modellek (Digital Elevation Model – DEM) a földfelszín elemzésének rendkívül hasznos és igen szemléletes eszközei, a Föld fizikai felszínét digitális magassági adatokkal írják le (Kertész, 1997). A modellek kialakításakor a vizsgált területet szabályos vagy szabálytalan idomokkal, általában négyzetekkel (formája a rács /grid/), illetve háromszögekkel (TIN – Triangulated Irregular Network) lefedik, s a lefedéshez használt idomok csúcspontjainak magasságát meghatározzák (Detrekői és Szabó, 1995). A rácshálós módszer alapja, hogy a domborzatot szabályos területekre osztjuk fel, aminek eredménye egy pontmátrix. Térbeli interpolációval a megfelelő hálózat rácspontjaira vonatkoztatjuk a magasságadatokat. Minél sűrűbb a pontok koncentrációja, annál nagyobb a DEM felbontása (Tamás, 2003). A háromszögesített szabálytalan hálózat (TIN) a szabálytalan eloszlású mintapontokat egyenesekkel köti össze, így egy szabálytalan háromszög-hálózatot kapunk. A háromszögek illeszkednek egymáshoz, ezáltal biztosítják, hogy a felület folytonos lesz (Závoti, 1993).

A digitális magassági modell létrehozásával meghatározhatjuk a víz felszínén történő mozgását, a lefolyást. A lejtőtérkép megmutatja a terepfelszín egyes pontjain a lejtőhajlás mértékét (Mitasova és Jarosalav, 1993). Ennek alapján a lejtési irányokból meghatározhatóvá válnak azok a térrészek, ahonnan a felszíni vizek szétterülnek, illetve ahol a vizek összegyülekeznek (Kovács és Szanyi, 2005). A konvergens térrészek leválogatásával pedig kijelölhetővé válnak a belvízre hajlamos területek.

ANYAG ÉS MÓDSZEREK

A belvízi jelenség kialakulása síkvidéki körülmények között számos tényező által befolyásolt folyamat. A belvízfoltok megjelenésének konkrét helyét ugyanakkor a domborzati viszonyok

(mikro- és mezorelief) jelölik ki (Tóth et al., 2004). A domborzat meghatározza a területről történő elemi felszíni lefolyások irányait, valamint az összegyülekezési pontjait.

A lefolyástalan területeket lehatárolásához és az összegyülekezési pontok kijelöléséhez és az irányainak ismerete szükséges. E feladatok megoldásához a vizsgált terület részletes digitális magassági modellje (DEM) jelenti a kiindulási adatbázist. A Hajdúsági-löszháton elterülő mintaterület (1. táblázat) digitális magassági modelljét az 1:10.000-es topográfiai térképek (2 szelvény) szintvonalainak és magassági pontjainak bedigitalizálásával állítottuk elő. Az ArcView 3.3 szoftverben elkészített .shp fájlokat XYZ formátummá alakítottuk, majd az interpolációt krigeléssel a SURFER 8.0 szoftverrel végeztük el. A krigelés egy súlyozott átlagszámításon alapuló módszer, ahol az alkalmazott átlagszámítási súlyokat geostatistikai alapokon, variogram-függvények segítségével határozhatjuk meg (Cressie, 1990). A súlyozott átlagszámításon alapuló interpolációk során a vizsgált pont környezetében található n db legközelebbi pontban észlelt z értékek súlyozott átlaga alapján számítjuk ki az interpolált értéket. Súlyozott átlagszámítás esetén az átlagot az alábbi függvényel számítjuk:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} w_i p_i}{\sum_{i=1}^{n_p} w_i}$$

ahol w_i az adott értékre vonatkozó súly-érték (Kovács és Szanyi, 2005).

1. táblázat

A vizsgálati mintaterület metaadat-állománya

	X	Y	Z
Minimum(1)	827999.31033	259999.15068	93
Maximum(2)	834003.00259	268001.22803	119.5
Sorok száma(3)	250		
Oszlopok száma(4)	368		
Vetület(5)	Egységes Országos Vetületi Rendszer (EOV)		

Table 1: Metadata of the sample plot

Minimum(1), maximum(2), number of rows(3), number of columns(4), projection(5)

A programmal létrehoztuk a mintaterület lejtő-térképét. A terep-lejtés a legmeredekebb lejtő vagy emelkedő irányán alapul egy adott pontban. Számítása az alábbi egyenleten alapul:

$$S_T \approx \frac{360}{2\pi} \times \arctan \left[\sqrt{\left(\frac{Z_E - Z_W}{2\Delta x} \right)^2 + \left(\frac{Z_N - Z_S}{2\Delta y} \right)^2} \right]$$

ahol

- S_T – lejtésszög [fok];
- x, y – a két síkbeli irány;
- $Z_{E,W,N,S}$ – a magasság értékek a keleti, nyugati, északi és déli irányban.

A kitettség-térképet szintén elkészítettük. A kitettséget az az irány határozza meg, amely merőleges a kontúr vonalakra a felszínen, és lényegében ellentétes a lejtés iránnyal (Moore et al., 1993). A kitettség-számítás egyenlete a következő:

$$A_T \approx 270 - \frac{360}{2\pi} \times \arctan 2 \left[\frac{Z_N - Z_S}{2\Delta y}, \frac{Z_E - Z_W}{2\Delta x} \right]$$

ahol

- A_T – a terep kitettsége;
- x, y – a két síkbeli irány;
- $Z_{E,W,N,S}$ – a magasság értékek a keleti, nyugati, északi és déli irányban.

A térfelület deriválásával elkészítettük a mintaterület összegyülekezés-térképét, amelyről megállapítható a konvergens és divergens területek elhelyezkedése. A számítás a horizontális síkban mért terep kitettség változásának mértékén alapul.

$$K_H = \frac{\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 - 2 \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right) + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right) \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2}{p^{3/2}}$$

ahol

$$p = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2$$

Az összegyülekezés-térképből leválogatva azon térrészeket, ahol a víz a felszínen fokozatosan a természetes mélyedések felé tart, olyan térképet kaptunk, amely a belvíz-érzékeny területeket tartalmazza. Az így létrejött digitális adatállomány jól használható a földhasználat ésszerű kialakítása során.

EREDMÉNYEK

Az 1:10000 topográfiai térképek szintvonalainak bedigitalizálásával, majd a vonalak pontokká történő konvertálásával és az XY koordináták hozzárendelésével a SURFER 8.0 szoftverben feldolgozható adatállományhoz jutottunk. Krigeléssel interpolációt hajtottunk végre, ahol az interpolációt egy 80×80 m-es felbontású rácsálóra illesztettük. A felbontás mértéke a bemenő adatbázis térbeli sűrűségének függvénye.

A krigelési eljárásnak az szolgál alapjául, hogy a térben a pontok között a szórás milyen ütemben változik.

Ez leolvasható a variogramról (1. ábra), amely azt mutatja, hogy hogyan függ a pontok közötti távolságtól a pontokhoz tartozó értékek átlagos eltérése. Az interpolációt követően a kontúrvonalas térkép szintvonalainak simítását hajtottuk végre (2. ábra).

1. ábra: A krigeléshez használt lineáris variogram-modell

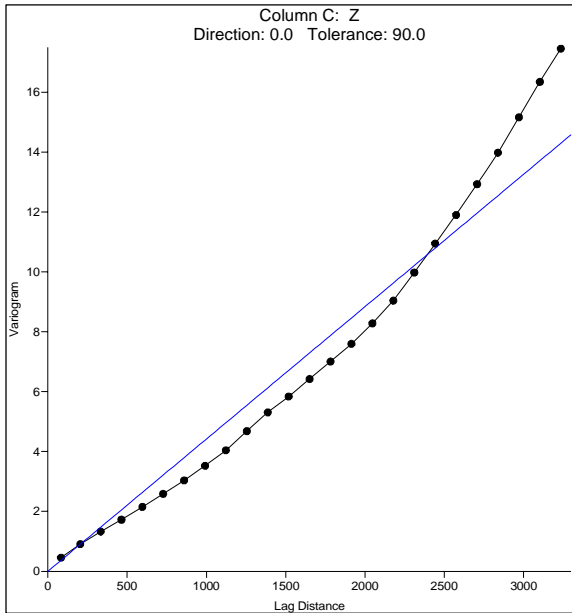


Figure 1: Linear variogram model used for kriging

2. ábra: A Hajdúsági-lőszháton elterülő mintaterület digitális magassági modellje simítással

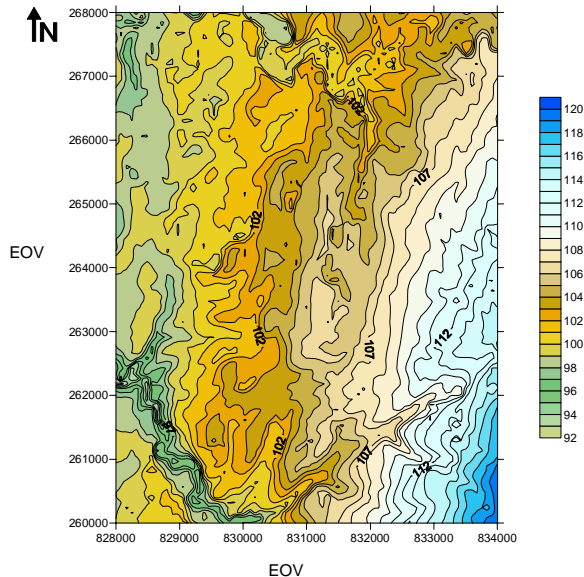


Figure 2: Digital Elevation Model of the sample plot in Hajdúsági-lőszhát (loess ridge) by smoothing

A terület véges elemszámú térrészekre felosztva, megállapíthatjuk a térrészek lejtéseinek irányait, amely a vízszintes síkon 360°-ban (x-y), a függőleges síkot tekintve 0-90°-ig (x-z) mutathatók. A rácsháló alapú térbeli felbontás cellái egy-egy átlagos lejtéssel

jellemezhetők. Ez azt jelenti, hogy létezik egy olyan uralkodó esés irány, amely leginkább meghatározza a lefolyó víz áramlásának irányát. Az aspektus meghatározása a következő tangenciális számításán alapszik:

$$\tan A = -(\delta z / \delta y) / (\delta z / \delta x)$$

ahol

z – magassági érték;
x és y – a koordináták.

A mintaterületre a fenti algoritmus alapján kiszámított lejtésirányok vizualizációja a 3. ábrán, a terület 3D-s ábrázolása a 4. ábrán látható.

3. ábra: A lefolyási irányok térképi ábrázolása a hajdúsági-lőszháti mintaterületre

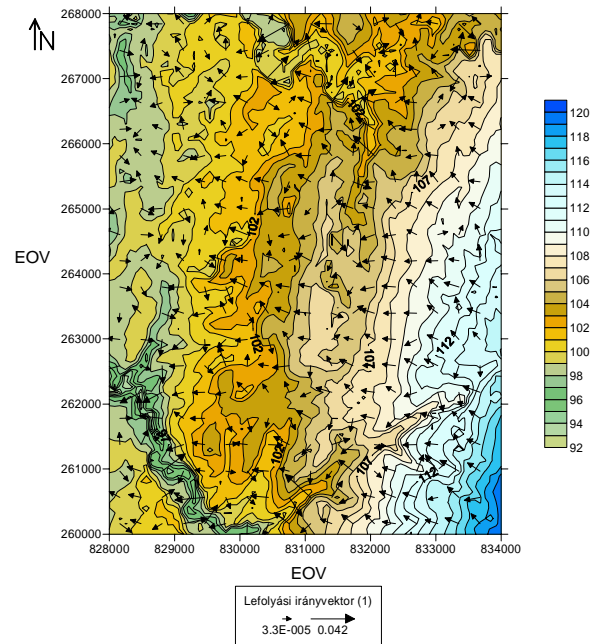


Figure 3: Map imagery of runoff directions in the sample plot in Hajdúsági-lőszhát (loess ridge)

Reference vectors(1)

4. ábra: A mintaterület 3D-s magassági modellje a lefolyási irányokkal

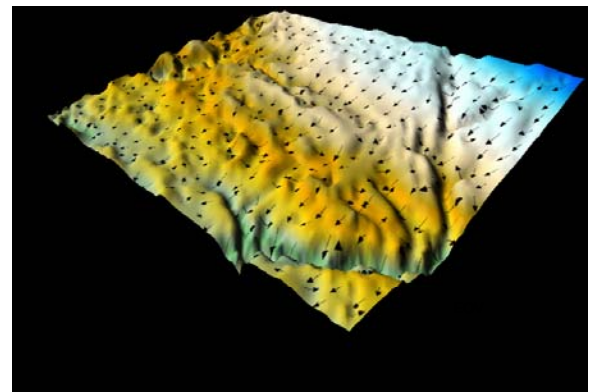


Figure 4: 3D terrain model of the sample plot with the runoff directions

A térfelület deriválásával elkészítettük a mintaterület lejtő- és kitétség-térképét. A lejtő hajlását 0 és 90 fok közötti szöggel jellemezzük. A létrehozott kontúr térkép az állandó meredekségű lejtők izovonalait mutatja (5. ábra). A kitétséget az északi iránytól mért szögekkel (azimut) jellemezzük (0 fok az északi irányt mutatja, a 90 fok a keleti, a 180 fok a déli, a 270 fok a nyugati kitétséget jellemzi) (6. ábra).

5. ábra: A hajdúsági-lőszhát mintaterület lejtő-térképe

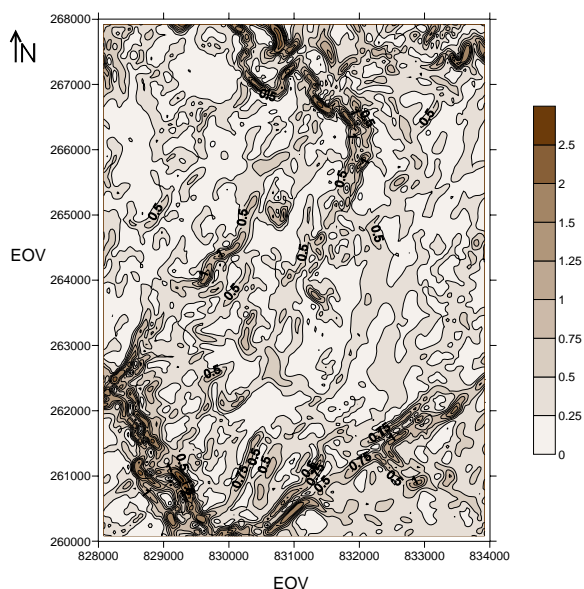


Figure 5: Terrain slope of the sample plot in Hajdúsági-lőszhát (loess ridge)

6. ábra: A hajdúsági-lőszhát mintaterület kitétség-térképe

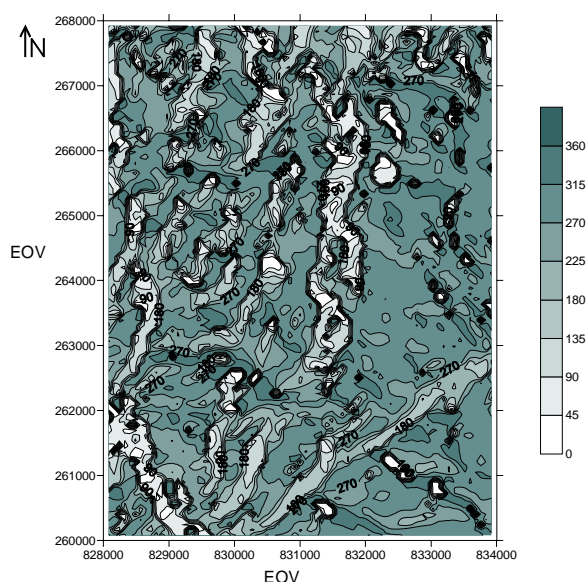


Figure 6: Terrain aspect of the sample plot in Hajdúsági-lőszhát (loess ridge)

A kétszeri deriválással kapott lefolyási irányok értékei az összegyülekezés modellezésének alapjai.

Az irányok változása térben az adott útvonalon valamely folyamat felfokozódását jelentik.

A vertikális síkon való értelmezés elsősorban a víz sebességére és gyorsulására ad választ, amelynek eróziós jelenségek modellezésénél van jelentősége elsősorban dombvidékeken. A horizontális síkon történő irányváltás a lefolyási irányok konvergenciáját ill. divergenciáját fejezi ki, vagyis az összegyülekezés folyamán az elemi térrészek esésirányainak vízszintes felületen történő összetartását, illetve távolodását (konvexitás).

Az összegyülekezés fokozódásának – nemcsak a sebességét értve ezalatt, hanem a vizsgált elemi térrészhez (mélyedéshez) való közelséget is – egyik biztos jele a konvergencia növekedése. A konvexitás mértékét úgy lehet számszerűsíteni, hogy az eredeti irányhoz képest való irányszög-váltást százalékban vagy abszolút értékben kifejezzük. Ha az azonos irányváltozású elemi térrészeket izometrikus vonalakkal összekötjük, akkor a konvergencia ill. a divergencia mértékét tudjuk vizuálisan megjeleníteni.

Amíg az elemi térrészről lefolyó víz irányai párhuzamosak egymással, az összegyülekezés kezdeti szakaszaként értelmezhető a folyamat. Vagyis az adott útvonalon haladó és kumulálódó víz nem gyarapszik a szomszédos térrészekből lefolyó vizek mennyiségével. Abban az esetben, ha a lejtő szintvonalai domborúak a lefolyási irányra nézve, az irányok a görbület tetejéről lefelé haladva folyamatosan széttartanak, azaz távolodnak egymástól, így a lefolyó vízmennyiség is szétoszlik (divergencia). Ha viszont az összegyülekezés a felszín természetes mélyedései felé közelít, a lefolyási irányok fokozatosan összetartanak, vagyis egyre több cella tartalma összpontosul 1-1 egységbe (konvergencia). A konvergencia annál kifejezettebb, minél határozottabb a lefolyás irányának változása. A lefolyási irányokhoz viszonyított homorú izometrikus vonalakra állított merőlegesek összetartása geometriailag jól példázzák ezt a helyzetet.

Az elkészített modellt a rácsháló értékeinek kétszeri második deriváltjaként értelmezhetjük, amely az egységnyi távon fellépő szögváltozás hányadosát (iránygradiens) jelenti.

A lefolyás irányok változása tehát az akkumulációs jelenséget pontosan jellemzi, és ezáltal alkalmas a belvízfoltok legvalószínűbb helyzetének meghatározására. A konvexitás térképezésével tehát jellemezhetjük az adott térség belvíz-veszélyeztetettségét a topográfia szempontjából (7. ábra).

Ha a konvexitás térképről leválogatjuk a konvergens – víztöbblettel rendelkező – térrészeket, egy újabb lépéssel jutunk közelebb a túlnedvesedésre hajlamos területek lehatárolásában (8. ábra). Az ezen foltokat ábrázoló térképet a Surfer 8.0 szoftverből ArcView 3.3-ban feldolgozható .shp fájlba exportáltuk az eredmények számszerűsítése végett. Egy ESRI script lefuttatásával kiszámítottuk valamennyi folt területét. Összegezve az eredményeket, azt kaptuk, hogy az összesen 4570 ha nagyságú terület csaknem fele (49,63%) hajlamos túlnedvesedésre.

7. ábra: A konvexitás értékei a hajdúsági-lőszháti mintaterületre

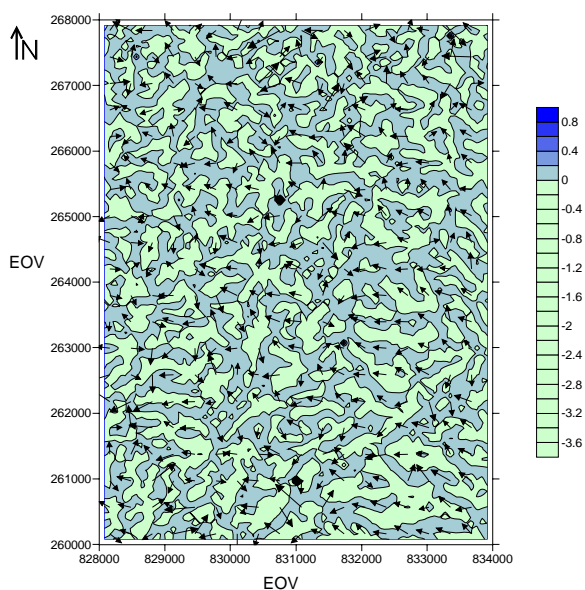


Figure 7: Values of convexity in the sample plot in Hajdúsági-lőszhát (loess ridge)

8. ábra: A leválogatással kapott konvergens területek lehatárolása a hajdúsági-lőszháti mintaterületre

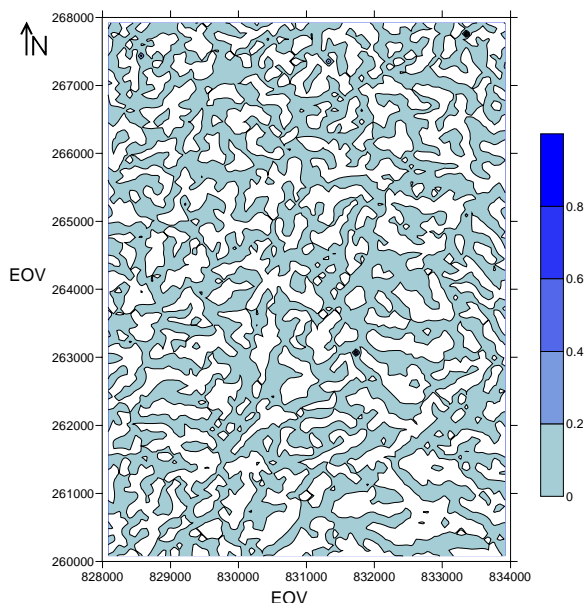


Figure 8: Impoundment of selected convergent areas of the sample plot in Hajdúsági-lőszhát (loess ridge)

A vizsgálati terület térképi elhelyezkedéséből (9. ábra) látható, hogy a vizsgálatunk csupán

Hajdúböszörmény közigazgatási határán belül egy kis részre terjedt ki. Mélyebb következtetések levonására nagyobb, összefüggő terület vizsgálatára lenne szükség. Jelen munkánkban csupán a Digitális Magassági Modell vízgazdálkodási vizsgálatokban való alkalmazhatóságára szerettük volna felhívni a figyelmet, amely számos további elemzés alapjául szolgálhat.

9. ábra: A konvergens területek ArcView 3.3 szoftverben leválogott foltjai és a teljes terület térképi elhelyezkedése

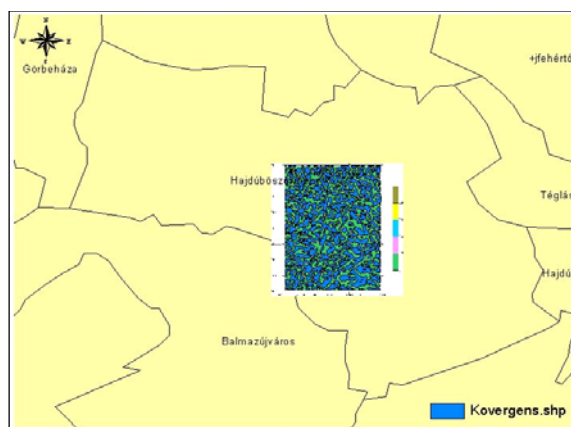


Figure 9: Selected plots of convergence areas in ArcView 3.3 software and location of the whole area in map

ÖSSZEZEGÉS

A belvív-jelenség hazánk csaknem 50%-án okoz problémát. A mezőgazdasági természetnek elsődlegesen helyet adó síkvidéki területek túlnedvesedésre hajlamos területeinek vizsgálata ezért elengedhetetlen. Munkánk során a Hajdúsági lőszháton kijelölt mintaterület lefolyás-összegyülekezési viszonyait vizsgáltuk digitális magassági modell készítésével.

A terepesésnek megfelelő lefolyási irányoknak megfelelően meghatároztuk a konvexitás értékeit. Térképen ábrázoltuk a mintaterület azon térszeit, ahonnan a felszíni vizek szétterülnek, továbbá azokat a területeket, ahol a vizek összegyülekeznek. A konvergens területek lehatárolásával elkészítettük azt a térképet, amely a mintaterület túlnedvesedésre, belvízre hajlamos térszeit mutatja.

Az elkészített digitális adatállomány hozzájárulhat a vízgazdálkodási beavatkozások ésszerű megtervezéséhez, a művelési ágak átszervezéséhez. Nagyobb összefüggő, belvízre hajlamos foltok esetén a gazdálkodó egységek segítséget kaphatnak a termelésből kivonandó terület kijelöléséhez, a természet optimalizálásához.

IRODALOM

Bíró T.-Tamás J.-Lénárt Cs.-Tomor T. (2002): A belvív-veszélyeztetettség térbeli elemzése. Acta Agrária Kaposváriensis. 139-152.

Cressie, N.A.C. (1990): The Origins of Kriging. Mathematical Geology, v. 22. 239-252.

Detrekői Á.-Szabó Gy. (1995): Bevezetés a térinformatikába. Nemzeti Tankönyvkiadó, 250.

- Kertész Á. (1997): A térinformatika és alkalmazásai. Holnap Kiadó, 240.
- Kovács B.-Szanyi J. (2005): Hidrodinamikai és transzportmodellezés II. Kiadó: Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, 213.
- Mitasova, H.-Jarosalav, H. (1993): Interpolation by Regularized Spline with Tension: II. Application to Terrain Modeling and Surface Geometry Analysis. *Mathematical Geology*, 25. 6. 657-669.
- Moore, I.D.-Lewis, A.-Gallant, J.C. (1993): Terrain properties: Estimation Methods and Scale Effects. In: Jakeman et al. (eds.): *Modeling Change in Environmental Systems*. John Wiley and Sons, New York.
- Pálfai I. (1994): Az Alföld belvív-veszélyeztetettségi térképe. *Vízügyi Közlemények*. LXXVI. évfolyam 3. füzet. 278-290.
- Petrasovits I.-Vajdai I. (1982): A termőhelyi víztöbbletek termelést korlátozó hatásai. In: Petrasovits I. (szerk.) *Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 19-36.
- Tamás J. (szerk.) (2003): *Térinformatika és CAD szakmai ismeretek – Általános térinformatikai alapok*. Kiadó: Miskolci Egyetem, Miskolc. 91.
- Tóth K.-Tamás J.-Bíró T. (2004): Síkvidéki domborzatelemzés alkalmazhatóságának vizsgálata a belvív előfordulás gyakoriságának értékelésében. In: Herdon M. (szerk.): *Agrárinformatikai Nyári Egyetem és Fórum*. Gödöllő. 2004. augusztus 25-27. 1-10.
- Vajdai I. (1981): A szántóföldi természetben okozott károk. In: Kiss et al. (szerk.) *Gazdálkodás belvizes területeken*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 80-109.
- Závoti J. (1993): A TIN modell. In: Márkus B. (szerk.): *Bevezetés a térinformatikába*. NCGIA Core Curriculum, magyar változat, Budapest.
- Önkormányzati Vízügyi Kézikönyv – <http://www.ovf.hu/WEB/OVF/OVFWEB.NSF/159023f4939c781ec1256eae004a0ac8/8d32cc85f2822aac1256def003b304b?OpenDocument>