

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A RELATÍV ÉDES-VÍZHIÁNYRA ÉS AZ EBBŐL ADÓDÓ KONFLIKTUS KIALAKULÁSÁRA MAGYARORSZÁGON

SZALKAY CSILLA¹, SCHLANGER VERA²

¹Szent István Egyetem Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Tájökológiai Tanszék
2103 Gödöllő, Páter K. u. 1. e-mail: szcsilla@vnet.hu

²Országos Meteorológiai Szolgálat
1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1.

Kulcsszavak: aszály, éghajlatváltozás, konfliktus, relatív édesvízhiány

Összefoglalás: Napjainkban a világ számos országában, mivel nincs kielégítő mennyiségű édesvíz, relatív édesvízhiány alakul ki. A relatív édesvízhiány bizonyos területeken akkora mértékű, hogy az gyakran országon belüli vagy nemzetközi konfliktust eredményez. Ezek a konfliktusok magáért az édesvízért, mint természeti erőforrásért folynak gazdasági, politikai, illetve társadalmi szinten. A relatív édesvízhiány, és így a konfliktusok létrejöttének okai nem választhatók el élesen egymástól, mivel azokat komplex faktorok, folyamatok befolyásolják. A relatív édesvízhiány kialakító összetevők között kiemelkedő szerepet játszanak a földrajzi, a demográfiai, a társadalmi, a gazdasági okok, valamint az éghajlatváltozás. Ezen faktorok közül Magyarországon az éghajlati tényezők szélsőséges változása (pl. aszály gyakoribbá és intenzívebbé válása) miatt alakult ki relatív édesvízhiány, konfliktus azonban mindezekig nem robbant ki. A klímaváltozás valószínűleg az elkövetkező években növelni fogja a relatív édesvízhiány kialakulásának valószínűségét, amely konfliktusforrás lehet.

Bevezetés

A Föld vízkészlete jelenleg körülbelül 1 milliárd km³-re tehető, amelynek alig 3%-a édesvíz. Azonban ez sem teljes egészében hozzáférhető az emberiség számára, mivel nagyobb része fagyott állapotban van jelen. Ráadásul még a hozzáférhető hányad (megközelítőleg 100 000 km³) is térben és időben egyenlőtlenül oszlik el a Földön.

A világ számos régiójában okoz gondot a relatív édesvízhiány, amely konfliktusok sokféle fajtáját eredményezheti. A relatív édesvízhiány oka lehet egyrészt, hogy a társadalom egésze vagy egyes csoportjai számára csökken a felhasználható édesvíz mennyisége (például ahol nagyfokú társadalmi igazságtalanságok tapasztalhatók, ahol nő az egy főre jutó vízigény, valamint ahol a vízszennyezések következtében csökken a felhasználható édesvíz mennyisége), másrészt pedig az, hogy az éghajlat miatt eleve kevés a hozzáférhető édesvíz. A klímaváltozás elsősorban a vízrajzi adottságait tekintve jelenleg is veszélyeztetett országokat fogja sújtani, így ezeken a helyeken valószínűleg a jövőben tovább fog nőni a relatív édesvízhiány.

A fenti tényezők Magyarországra vonatkozó édesvízkészletre gyakorolt jövőbeli hatásai bizonytalanok, mivel nem ismeretesek ezekre vonatkozó előrejelzések. Emiatt nem lehet tudni, hogy milyen mértékben fenyegetik hazánkat a relatív édesvízhiányból fakadó konfliktusok a 21. században. Annyi azonban bizonyos, hogy az éghajlatváltozás várható tendenciái miatt ilyen konfliktusok kialakulása nem zárható ki.

Anyag és módszer

HOMER-DIXON (1999) kutatásai alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a Föld több országát súlyító relatív édesvízhiány oka lehet a forrás vagy utánpótlás megsérüléséből adódó szűkösség (pl. a szomszédos országok növekvő vízigényei, a vízszennyezés, illetve éghajlatváltozás miatt), a kereslet növekedéséből adódó szűkösség (pl. a kereslet növekedése miatt), illetve a társadalmi változásokból fakadó szűkösség (pl. társadalmi igazságtalanság miatt). Mint ahogy a világ más pontjain, Magyarországon is elvileg az előbbi tényezők miatt alakulhat ki relatív édesvízhiány és ennek eredményeként konfliktus.

Az édesvízkészletre ható tényezők közül többnek (mint a szomszédos országokból érkező víz mennyisége, a társadalmi struktúra, a vízszennyezések, valamint az ipari, mezőgazdasági és lakossági vízfelhasználás) a megváltozására vonatkozó előrejelzések nem ismeretesek.

Az éghajlat módosulásával és a környezeti állapot ebből adódó romlásával kapcsolatos folyamatos megfigyelések és elemzések Magyarországon az 1980-as évektől léteznek. A hazai kutatási eredmények valamint a globális éghajlati előrejelzések felhasználásával lehetővé vált Magyarországra vonatkozó klímaszcenáriók elkészítése (SCHLANGER 2002, 2003).

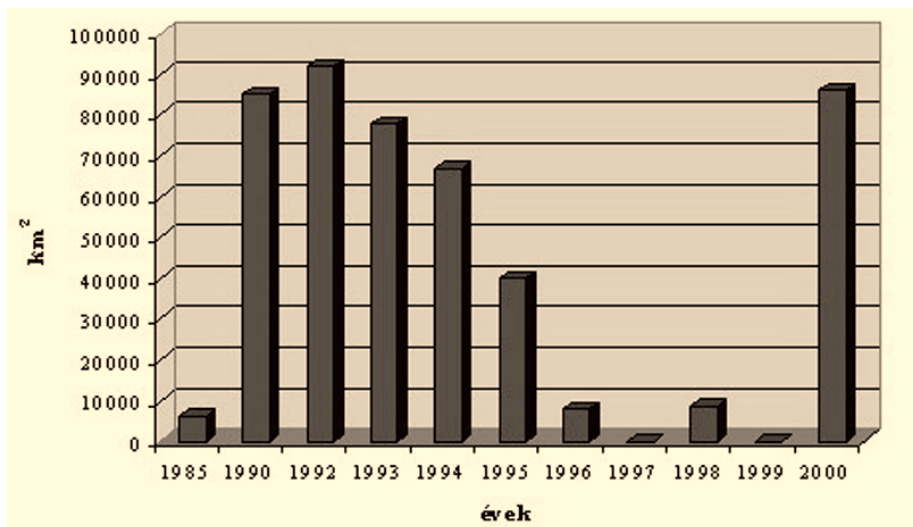
Munkánkban először azzal foglalkoztunk, hogy a szélsőséges csapadékszegény időjárási körülmények miatt Magyarországon adódott-e az elmúlt évtizedekben relatív édesvízhiány, illetve ebből fakadó konfliktus. Később arra keressük választ a jövőre vonatkozó prognózisok alapján, hogy az éghajlatváltozás szerepet játszhat-e egy esetleges konfliktus létrejöttében. Vizsgálatainkhoz a Magyarországra vonatkozó előrejelzések közül MIKA (1988, 1991, 2003) valamint BARTHOLY et al. (1996, 2004) kapott adatokat dolgoztuk fel.

Eredmények és megvitatásuk

Az elmúlt évek csapadékszegény időjárási körülményeinek hatása az édesvízmennyiségre

Magyarország – elsősorban medence jellegéből adódóan – kedvező vízrajzi adottságokkal rendelkezik, így napjainkig nem jelentkezett jelentős mértékű relatív édesvízhiány. Azonban komoly problémát jelenthet, hogy hazánk vízkészlete évente átlagosan 3,5 km³-rel csökken. Eme tendencia kialakulásának háttérében elsősorban nagy folyóink vízhozamának csökkenése áll. A vízhozam átlagnál nagyobb mértékű csökkenése azokban az években figyelhető meg, amikor az éves csapadék mennyisége kevesebb, mint a sokéves átlag (FLEISHER 2002).

Az 1960-as belvizes, csapadékos évek után 1976-ban jelentkezett először hosszabb időtartamú (3–3,5 hónapos) aszály. Nem sokkal később 1983-tól 1992-ig tartó – az elmúlt évtizedek legjelentősebb – aszályos periódus következett. Az aszályos évtized vízhiánya 1992-ben csúcsonodott ki. Az aszályos területek nagysága elérte a 92 000 km³-t (1. ábra). A csapadékhiány az ország aszályveszélynek leginkább kitett területét, a Tisza-vidékét érintette leginkább. A Tisza vízhozama Tiszabecsnél a mértékadónak tekintett értéknél júniusban 6,9 m³/s-mal, júliusban és augusztusban 28,0 m³/s-mal volt ke-



1. ábra Az aszály által érintett terület nagysága Magyarországon (AUJESZKY 2003 nyomán)

Figure 1. The size of drought areas in Hungary (after AUJESZKY 2003)

vesebb. Ebben az évben fordult elő először, hogy Szolnok ivóvízellátásának biztosítása érdekében a kiskörei tározóból kellett pótolni a Tisza elfolyó vízhozamát, ugyanis a folyó vízhozama és vízszintje a biztonságos vízkivételhez szükséges minimális szint (60 m³/s, -280 cm) alá esett.

Az 2003-ban jelentkező csapadékhiány is rendkívüli intézkedéseket igényelt. Ebben az évben már májusban aszályos körülmények voltak. A kisvízes állapot kritikus helyzetet teremtett a Tisza-völgyben, ezért a vízkorlátozások megelőzése érdekében szükségessé vált a Tisza-Körös Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer (TIKEVIR) víz-szétosztási előírásának (00698/2000 sz. OVF) ideiglenes módosítása.

Az elmúlt aszályos évek során nem csupán folyóvizeink, hanem tavaink – elsősorban a Balaton és a Velencei-tó – vízszintje is jelentősen csökkent.

A) A Balatonnal kapcsolatos helyzet:

Átlagos hidrometeorológiai körülmények esetén a Balaton vizéből a part menti létesítmények (pl. lépcsők) fagytól való megóvásának és a tavaszi vizek fogadásának biztosítása érdekében ősszel a Siófoki zsilipnél 300–400 millió m³-t leengednek. Az elmúlt három évben azonban a tó vízháztartási egyenlege negatív értékeket mutatott, nyári vízszintje még a korábbi, télen mért legkisebb értékeket sem érte el, így leengedésre nem került sor. Sőt, ismét felmerült – bár jelenleg megint nincs napirenden – az 1970-es években a Balaton vízutánpótlására készített tervek megvalósításának lehetősége. Ezek szerint a tó vízének pótlására elsősorban a Rábából lenne lehetőség. Ez azonban konfliktusokat eredményezne. Konfliktust okozó tényezők az alábbiak lehetnek:

- A Rába vizét Magyarországon energiatermelés mellett elsősorban öntözésre használják a folyó mentén élők, így annak csökkentett vízhozama hátrányosan érintené a mezőgazdasági termelést, ami társadalmi elégedetlenséghez vezethet.

- A Rába elvezetésének kérdése az évenkénti vízügyi találkozásokon Ausztria és Magyarország között felvetődő probléma a Fertő-tóval kapcsolatban. Ausztria a tó partján üdülőparadicsomot hozott létre, amelynek működtetéséhez állandó vízszint bizto-

sítása szükséges. Ha a jövőben a Fertő-tó vízmennyisége csökkenne, akkor az osztrákok szerint (bár Ausztriának a hazánk területén keletkező vizekről nincs döntésjoga) annak pótlására a Rába elvezetése nyújtaná a legjobb megoldást. A Balaton vizének speciális minősége és élővilága miatt a vízmennyiségi szempontból megoldást jelentő vízpótlás – ökológiai hatása folytán – egyébként is alapos átgondolást igényelt volna.

B) A Velencei-tóval kapcsolatos helyzet:

A Velencei-tó kis vízgyűjtő területtel rendelkezik. A tó vízkicseréléses utánpótlása (az eutróficációs folyamatok meggátolása érdekében) július-augusztusban a Zámolyi-Pátkai-tározóból történik, amely 12 millió m³ (a tó vízmennyiségének egyharmada) víz tárolására alkalmas. Az 1988–89-es aszályos évek miatt a tározó csapadékvízzel való feltöltése nem történt meg. Bár az 1990-es években a tó vízszintjének emelését a dunántúli felhagyott bányák vízszintsüllyesztése során nyert karsztvízből oldották meg (megjegyzendő, hogy a karsztvíz volt az egyetlen víztípus, amely a speciális sótartalmat nem változtatta meg) mégis szükségessé vált a Velencei-tó vízgyűjtő területén a vízhasználat korlátozása.

Az éghajlat várható változásai valamint ezek hatása az édesvíz mennyiségére és a konfliktusok kialakulására

Az éghajlati rendszerek jövőbeli alakulásának megítélése szempontjából a legegyszerűbb tudományos alapozású forgatókönyvek az analóg szcenáriók (MIKA 2003). Az analóg szcenáriók az éghajlat múltbeli alakulását vetítik ki a jövőre. Ezeknek a forgatókönyveknek a készítésekor regionális szinten olyan múltbeli időszak kiválasztására kerül sor, amelynek a globális előrejelzéseknek megfelelő mértékben változott. Az analóg szcenáriók tehát azt tételezik fel, hogy empirikus kapcsolat áll fenn a múltbeli és a jövőbeni klímamódosulás között.

MIKA (1988, 1991, 1996) hazánk múltbeli éghajlati sajátosságait figyelembe véve összefoglalta a globális klímamódosulás várható következményeit Magyarországra nézve (1. táblázat).

a) Kis (+0,5 fokos) globális hőmérsékletváltozás mellett Magyarországon a nyári félévben a csapadék mintegy 10%-kal csökkenni fog. Az aszályos hónapok kialakulá-

1. táblázat A hőmérséklet és a csapadék hazánkban várható változása adott globális melegedés esetén (MIKA 2003 nyomán)

Table 1. Temperature and rainfall changes in Hungary in case of global warming (after MIKA 2003)

Globális változás Helyi változás	+0,5 K	+1 K	+2 K	+4 K
Hőmérséklet (K) Nyár/nyári félév	+1,0	+1,3	+2	+4
Hőmérséklet (K) Tél/téli félév	+0,8	+1,7	+3	+6
Csapadék (mm) Évi összeg	-40	-66	bizonytalan	+40–400

sának gyakorisága nő (csaknem 60%-kal). A téli félévben a csapadékváltozás előjele nem egyértelmű. A nyári félévben melegedés lesz tapasztalható. A téli félévben a hőmérséklet és az északi félgömbi változás nem mutat kapcsolatot.

b) Nagy (+1-4 fokos) globális klímamódosulás esetén a hőmérséklet a nyári és a téli félévben is nő. 1 fokos melegedésnél az éves csapadékösszeg a mainál kisebb, azonban +4 fokos globális klímamódosulásnál már a jelenleginél nagyobb értéket mutat. Ugyanakkor ebben az esetben sem haladja meg a nyári csapadékmennyiség a mai nyári értéket.

A MIKA által vizsgált analóg szcenáriók mellett nemzetközileg közzétett modell-outputok becsléseire épülő forgatókönyvek is rendelkezésre állnak az éghajlatváltozás hazai sajátosságainak előrejelzésére. BARTHOLY et al. (1996, 2004) és SCHLANGER (2002, 2003) a mai légköri CO₂-szint megkétszereződését feltételezve készítettek regionális klímafelvételeket 2050-re és 2100-ra 16 modell bevonásával. A klímafelvételek eredményei az alábbiak:

a) A középhőmérsékletre vonatkozóan (2. ábra, 3. ábra)

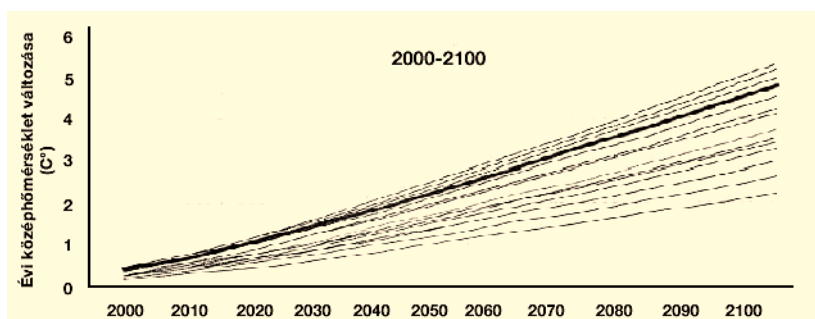
Mindegyik modell azt mutatja, hogy a középhőmérséklet pozitív irányba fog változni a jövőben. 2050-re a hőmérséklet-előrejelzések 0,8–2,8 °C-os, míg 2100-ra 1,3–5,2 °C-os emelkedést prognosztizálnak. A legnagyobb hőmérséklet-emelkedés télre és nyárra várható.

b) A csapadékmennyiségre vonatkozóan (4., 5. ábra)

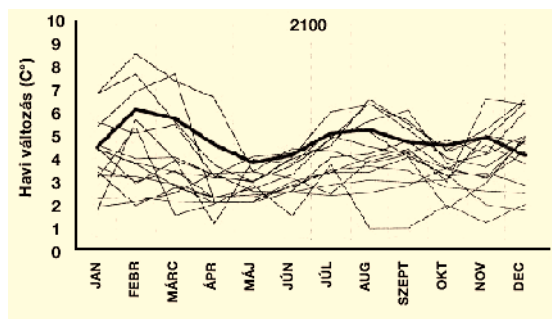
A 16 modell közül 13 azt jelzi előre, hogy az éves csapadékösszeg 2050-re -1 és +7% között, 2100-ra -3 és +14% között fog változni. A havi csapadékeloszlás azt mutatja, hogy a tél és tavasz a mainál nedvesebb, a nyár és az ősz pedig szárazabb lesz.

A modellek becslései alapján összességében azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a csapadékmennyiség változásának évszakos eltérése az olyan szélsőséges körülmények létrejöttének valószínűségét, illetve súlyosságát fokozza, mint például a nyári aszály (a jelentős melegedés és szárazodás következtében).

Az aszály a Föld különböző országaihoz hasonlóan hazánkban is növelheti a relatív édesvízhiány kialakulásának gyakoriságát, és az ebből adódó konfliktusok létrejöttének valószínűségét.

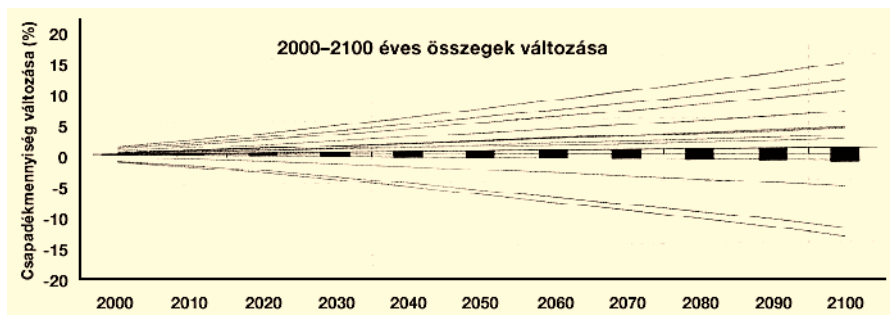


2. ábra Magyarországra vonatkozó, az 1961–1990-es értékhez viszonyított, emisszió szcenáriók felhasználásával készült évi középhőmérséklet becslések (az ECHAM4 modell eredményei vannak kiemelve)
 Figure 2. The mean yearly temperature estimates regarding Hungary based on emission scenarios compared to values between 1961 and 1990 (setting of estimates of ECHAM4 model)



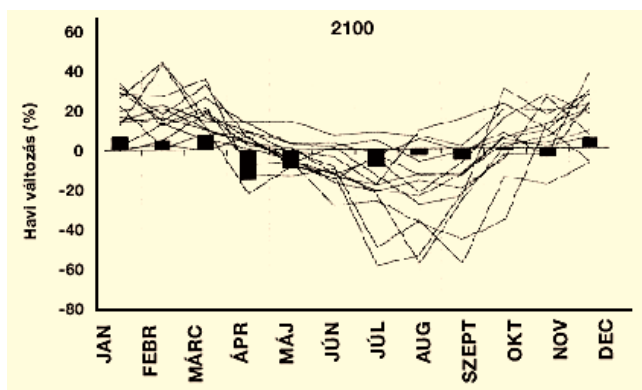
3. ábra Magyarországra vonatkozó, az 1961–1990-es értékhez viszonyított, emissió scenáriók felhasználásával készült havi hőmérséklet becslések 2100-re (az ECHAM4 modell eredményei vannak kiemelve)

Figure 3. Monthly temperature estimates to 2100 regarding Hungary based on emission scenarios compared to values between 1961 and 1990 (setting of estimates of ECHAM4 model)



4. ábra Magyarországra vonatkozó, az 1961–1990-es értékhez viszonyított, emissió scenáriók felhasználásával készült évi csapadékmennyiség becslések (az ECHAM4 modell eredményei vannak kiemelve)

Figure 4. Yearly rainfall estimates regarding Hungary based on emission scenarios compared to values between 1961 and 1990 (setting of estimates of ECHAM4 model)



5. ábra Magyarországra vonatkozó, az 1961-1990-es értékhez viszonyított, emissió scenáriók felhasználásával készült havi csapadékmennyiség becslések 2100-ra (az ECHAM4 modell eredményei vannak kiemelve)

Figure 5. Monthly rainfall estimates to 2100 regarding Hungary based on emission scenarios compared to values between 1961 and 1990 (setting of estimates of ECHAM4 model)

Irodalom

- AUJESZKY P. (szerk.) 2003: Környezetstatisztikai adatok. Regiszter Kiadó és Nyomda Kft., Budapest.
- BARTHOLY J., PÁLVÖLGYI T., MATYASOVSKY I., BARCZA Z. 1996: Az éghajlat nagytérű változásai: okok és folyamatok, valamint a megismerés módszerei. *Természet Világa* 1996/I. különszám, pp. 35–39.
- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R., MATYASOVSKY I., SCHLANGER V. 2004: A 20. században bekövetkezett és a 21. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. „AGRO-21” Füzetek 33: 3-18.
- FLEISCHER T. 2002: Magyarország a Kárpát-medence közepén (A fenntarthatóság egyes térségi összefüggései). *Vízügyi Közlemények* 84: 125–136.
- HOMER-DIXON T. F. 1999: *Environment, Scarcity, and Violence*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MIKA J. 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás* 92: 178–189.
- MIKA J. 1991: Nagyobb globális felmelegedés várható magyarországi sajátosságai. *Időjárás* 95: 265–278.
- MIKA J. 1996: Regionális éghajlati foratókönyvek. *Természet Világa* 1996/I. különszám, pp. 69–74.
- MIKA J. 2003: Regionális éghajlati foratókönyvek: tények és kétségek. „AGRO-21” Füzetek 32: 11–24.
- SCHLANGER V. 2002: Magyarországi regionális éghajlati scenáriók összehasonlító elemzése. Diplomadolgozat. ELTE TTK Meteorológiai Tanszék.
- SCHLANGER V. 2003: Regionális extrém klímascenáriók elemzése Magyarországon. Dolgozat a XXVI. Országos Tudományos Diákköri Konferenciára.
- A Magyar-Osziptrák Határvízi Bizottságban lefolytatott a Fertő-tó ökológiai rehabilitációjára vonatkozó tárgyalásokról szóló összefoglaló jelentés.
- A Tisza-völgyi víz-szétosztási rend (00698/2000.sz.OVF) ideiglenes módosításának indokai, körülményei, Budapest, 2003. június 30.
- Emlékeztető a Tisza-völgyi víz-szétosztási rend módosítása céljából tartott egyeztető tárgyalásról. Szolnok, 2003. június 25.

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON DEVELOPING
OF FRESHWATER SCARCITY AND CONFLICTS IN HUNGARYCS. SZALKAY¹, V. SCHLANGER²¹Szent István University, Department of Landscape Ecology
H–2103 Gödöllő, Páter K. u. 1 e-mail: szcsilla@vnet.hu²Hungarian Meteorological Service
H–1024 Budapest, Kitaibel P. u. 1.**Keywords:** drought, freshwater scarcity, climate change, conflict

There are about a thousand million km³ of water on Earth, but less than 3% of it is fresh. Most of the freshwater (about two-thirds) is locked in ice, so this is not available for ecosystems. Available freshwater (100 000 km³ globally) is not spread evenly on Earth. In recent years because water quantity in many countries of the World is unsatisfactory freshwater scarcity is developing. Freshwater scarcity of different areas of the World is so serious that it causes national and international conflicts. These conflicts might even lead to violence. Freshwater scarcities and conflicts usually have complex causes because many contextual factors are combined together. Environmental, economic, social, political stresses and climate change have a major effect on developing scarcity by putting pressure on water supplies. Among these factors the most important is climate change in Hungary. Over the last decades because the mean yearly rainfall has decreased serious drought has developed in many areas of the country, especially in the region of Tisza. There have not been any conflicts in Hungary yet, but that might happen in the future. There are some studies into Hungarian climate change which use different scenarios. There are still many unknowns, but by 2100 warmer and drier weather is forecast than at present. As in other countries of the World this could be conducive to developing freshwater scarcity and different kind of conflicts in Hungary.