



# XI. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA

Tanulmánykötet

*2015. május 6-9. Pécs*



Szerkesztette:

Csicsek Gábor

Kiss Ibolya

ISBN 978-963-642-873-0

Kiadó: Szentágothai János Szakkollégium  
dr. Hatvani Zsolt

Nyomda: B-Group Kft.  
Felelős vezető: Borbély Zsolt

# Mobil árvízvédelmi falak létesítésének és alkalmazásának környezetre gyakorolt káros hatásai, a megelőzés és enyhítés műszaki lehetőségei

ANTAL ÖRS

Nemzeti Közszerológálati Egyetem

[antal.ors@gmail.com](mailto:antal.ors@gmail.com)

## The Harmful Effects of the Establishment of Mobile Flood Protection Walls, the Technical Methods of Prevention and Mitigation

### Abstract

Regarding the vulnerability of Hungary from disasters, flood risk can be mentioned as highest, moreover the threat caused by flood damages is one of the highest inside Europe. As a result of continuous rise of flood levels, the change in the intensity of moisture and the ecological system of our rivers the hazard gradually rises. Therefore this aspect makes it necessary to apply and build modern and cost-effective solutions during preparedness like mobile flood protection walls built and proved successfully in Szentendre and other territories beyond our borders.

Considering that - oppositely to standard mobile bearing systems - the elements of mobile wall complex flood preventing establishments built under the level of surface are constant, the installation can affect the environment and the surrounding ecosystem seriously. Therefore during the process of designing these aspects have to be taken into consideration (environmental protection, hydrological processes, capabilities of substrate, the characteristics of local construction etc.).

The purpose of this study is to reveal the harmful effects and processes of mobile flood walls, furthermore it focuses on those technological solutions, whereby the harmful consequences can be prevented or decreased in such level that these flood wall establishments are enabled to become feasible according to environmental aspects or restrictions.

The results of research included in the above mentioned study are significantly based on the pilot studies and operational experiences of mobilewall systems proved successfully in Hungary and beyond its borders as well as the written preliminary expert opinions and analyzes of the mobile flood protection wall system designed to the Római-part in Budapest.

The main result of this research is the introduction of a technical alternative whereby the harmful under-soil consequences can be prevented beside the flood control function.

### Keywords

mobile wall, groundwater, sealing, excavation wall, relief

## Bevezetés

Magyarország természeti katasztrófák általi veszélyeztetettségének tekintetében az árvizek jelentik a legmagasabb kockázatot, sőt, hazánk vízkár-veszélyeztetettsége Európában az egyik legjelentősebb. A csatornákat nem számítva az ország területén összesen 23 folyó található, melyek teljes hossza hazánk területét érintően csaknem 3000 km (Goda, 1991). A Kárpát-medence geográfiai jellegéből adódóan a felszíni vizeink mennyiségének kb. 95 %-a határainkról túlról érkezik hozzánk. Az árvízszintek tendenciózus növekedése, a csapadékintenzitás és folyóink ökológiai rendszerének változásai következtében a kockázat egyre fokozódik, így a helyzet megkívánja, hogy a megelőzés terén olyan hosszú távon is hatékony és költségtakarékos technológiai eljárások alkalmazása valósuljon meg, mint a Szentendrén és számos más határon túli helyszínen jelesre vizsgázott árvízvédelmi mobilfalak alkalmazása.

Az árvízvédelmi mobilfalak egy komplex árvízvédelmi létesítmény részei csupán, mivel a fenti paraméterek és befolyásoló tényezők figyelembevételével a rendszer elemei lehetnek további helyhez kötött, vagy mobil védelmi berendezések, vízvisszatartó rétegek, belvíz-szabályozási megoldások stb.. Tekintve, hogy a klasszikus mobilgátakkal szemben a mobil szerkezeti árvízvédelmi falak terepszint alá épített elemei állandóak, telepítésük jelentős hatással bír a környezetre, illetve a létesítménnyel közvetlenül érintkező ökoszisztémára, ezért tervezésük során ezen tényezőket figyelembe kell venni (környezetvédelmi szempontok, hidrológiai folyamatok, védendő terület jellege és beépítettsége, altalaji adottságok stb.).

Jelen tanulmány bemutatja az árvízvédelmi mobilfalak környezetre gyakorolt káros hatásait és mechanizmusait, valamint azon technikai megoldásokat, amelyekkel a káros következmények megelőzhetőek, illetve oly módon csökkenthetőek, hogy mind az árvízi biztonsági és környezetvédelmi szempontokat figyelembe véve a mobil árvízvédelmi létesítmények adott területeken megvalósíthatóak legyenek. Mindehhez nagy segítséget nyújtanak a Szentendrén és a környező országokban éles helyzetben jelesre vizsgázott árvízvédelmi mobilfalak működésének tapasztalatai, valamint a budapesti Római-partra tervezett létesítménnyel kapcsolatos előzetes szakértői vélemények és kritikus pontok elemzései.

### **Mobil árvízvédelmi falak működése és felépítése**

Mindenekelőtt fontosnak tartom tisztázni, hogy a mobil szerkezeti árvízvédelmi rendszereknek két alaptípusát különböztetjük meg: az állandó szerkezeti elemmel telepített (pl.: maradandó mélyépítésű elemekkel rendelkező mobilfalak) (1. ábra: [URL: http://www.origo.hu/i/1306/20130612-szakemberek-dolgoznak-a-belvarost-a.jpg](http://www.origo.hu/i/1306/20130612-szakemberek-dolgoznak-a-belvarost-a.jpg); *Letöltés: 2015.03.21.*) és az állandó elem nélkül telepített (pl.: hagyományos mobilgátak) mobil árvízvédelmi rendszerek. Utóbbi esetében a rendszer nem rendelkezik külön alépítménnyel, az egyes elemek közötti csatlakozások a helyszínen kerülnek kialakításra és körülbelül 1-2 méter magasságig tudják biztosítani a víz hullámtérben tartását, illetve a mentett oldal elárasztástól való védelmét. A maradandó elemekkel rendelkező mobil árvízvédelmi falak alépítményei és csatlakozásai – szemben a gát rendszerekkel – a helyszínen, előre elkészítésre, illetve telepítésre kerülnek. Az egyes elemek összeállítása így

kézi erővel gyorsan és egyszerűen megvalósítható akár 6-8 méter magasságú mobilfal esetén is (Bokor, 2013).



1. ábra. Mobil árvízvédelmi fal összeállítás közben  
Készítette: nem ismert

A mobil árvízvédelmi falrendszerek szerkezetének nagy előnye a klasszikus földgátakkal és töltésekkel szemben, hogy míg utóbbi esetben a víz gyakran átszivárog a gáttesten függetlenül a szélességtől, koronaszinttől és a burkolattól – így gyengítve annak állóképességét és funkcionalitását – a szakszerűen tervezett és kiépített mobilfal egy keskeny felületen keresztül is szivárgásmentes védelmet képes biztosítani.

A keskeny keresztmetszetű megoldást az teszi lehetővé, hogy a mobilfal hozzá van rögzítve egy stabil alaphoz, így a terhek az alapzatba közvetítődnek, szemben a földből épített töltéssel, amely csak önsúlyával képes ellenállni az oldalról ránehezedő nyomásnak.

A mobilfalak további előnyei közt említhetők az alábbiak:

- esztétikai szempontok: mivel a falelemek csak árvízi időszakban kerülnek beépítésre, így nincs esztétikai romboló hatása a folyóra nézve az árvízmentes időszakban;
- tekintettel arra, hogy a betétgerendákat tartó, alapzathoz rögzített oszlopok és a víz síkja enyhe homorú szöveget zár be, a víznyomás következtében ható erő függőleges komponense segíti a gerendaelemek leszorítását és összeilleszkedését, ezáltal a gumitömítések általi vízzárást;
- a folyóvízi eróziós hatással szembeni magas ellenálló képesség;
- a mobilfalak alacsony beépítési helyigénnyel rendelkeznek;
- árvízmentes időszakban a használaton kívüli elemek tárolása és karbantartása egyszerűen és költséghatékonyan megoldható;
- a mobil szerkezeti elemek gyorsan, speciális vagy nehéz gépi eszközök igénybevétele nélkül összeépíthetőek;
- a mobil szerkezeti fal magassága bizonyos korlátokig változtatható;
- a földgátakkal ellentétben a fal teljes magasságában egyenszilárdságú,
- a szerkezeti elemek korrózióálló anyagokból készülnek;
- az egyes rögzítő szerkezetek a mentett oldalról folyamatosan ellenőrizhetőek;
- árvízmentes időszakban a mobil falelemek leszerelésével szabaddá válik a hullámtér megközelítése;
- alacsony működtetési költségei miatt hosszú távon költséghatékony megoldás. (Bokor, 2013), (Koppe & Brinkmann, 2010).

Míndezek alapján megállapítható, hogy a betétgerendás mobil árvízvédelmi fallal történő védekezés számos olyan előnnyel rendelkezik – köztük kiemelten említve a rendszer mobilitását, alacsony helyigényét és szívárgásálló képességét –, amelyek alkalmazásuk mellett szólnak, ugyanakkor a technológiának vannak kevésbé kedvező oldalai, illetve kockázatai is. A drágább kiépítési költségek mellett a legrelevánsabb hátrány a klasszikus földgátakkal szemben a nagyobb sebezhetőség, így egy esetleges szabotázsnek, vagy nagyobb uszadékok által okozott sérüléseknek és más külső hatásoknak a mobilrendszerek jobban ki vannak téve. A működés közben bekövetkezett veszélyhelyzetek vagy sérülések nem minden esetben jelentik a rendszer összeomlását, de a sérült elemek javítása illetve cseréje azonnali feladat, csakúgy, mint az elemek szállítás és tárolás közben bekövetkező sérüléseinek vagy hibáinak azonosítása és kijávítása. Egy esetleges gátszakadás következtében jelentősebb károk alakulhatnak ki, mint a teljes védekezés elmaradása esetén (Koppe & Brinkmann, 2010). A továbbiakban a mobil árvízvédelmi szerkezeti falak részletes bemutatására kerül sor a működésük és szerkezeti jellemzőik ismertetésével.

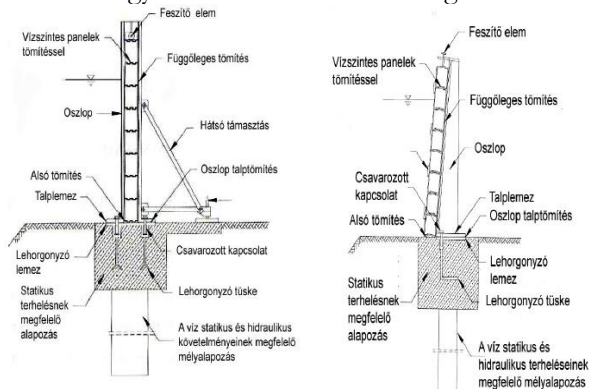
A mobil árvízvédelem különböző típusai, illetve műszaki megoldásai egyaránt lehetőséget adnak önálló alkalmazásukra, valamint meglévő védvonalak koronaszintjének ideiglenes növelésére. Mindemellett a különböző típusú mobil műtárgyak sokoldalúsága a vészhelyzeti és a tervezett (prevenációs) árvízmentesítés feltételeinek is eleget tesz, azonban minden esetben nélkülözhetetlen a helyi feltételek és követelmények alapos vizsgálata. Míndez alapján a szabványos mobil árvízvédelmi rendszereknek az alábbi típusait különböztetjük meg:

- betétgerendás (2. ábra),
- kapu,
- billenő,
- függőlegesen felúszó,
- billenő felúszó,
- tartály (tömlő, homokzsák stb.),
- és üvegfal rendszerek. (ERBO-PLAN, 2012).

A fentiekben részletesen tárgyalt előnyök okán is az önálló alkalmazású mobil árvízvédelmi rendszerek leghatékonyabb, illetve legmagasabb fokú védelmet biztosító, hazánkban is elterjedt műtárgya (Szentendre, Szeged, Vác, Visegrád, Budapest) a betétgerendás árvízvédelmi mobilfal, melynek főként terepszint alatti, állandó elemei jelentős környezeti hatásokat eredményezhetnek.

A betétgerendás rendszer egyik kulcseleme a terepszint alá épített vasbeton alapzat illetve talpgerenda, amelyhez az 2. ábrán vázolt módon hozzá horgonyozhatóak a betétgerendák tartóoszlopoi lehorgonyzó lemezekkel és tüskékkel. Anyaguk szerint a tartóoszlopok rozsdamentes tűzi-horgonyzott fémszerkezetek. Extrém magasságú oszlopok esetén a statikai megerősítés történhet oszloperősítéssel, megtámasztással vagy kitalpalással (Koppe & Brinkmann, 2010). A betétgerendás mobilfalak mélyalpozásának és felszín alatti vízzáró elemének kialakítására alapvetően két technológia terjedt el. Az egyik eljárás, amikor a fenti keresztmetszeti ábrán vázoltak szerint a

vasbeton alaptest és a vízzárást biztosító, több méter mélyen a földbe nyúló vízzáró elem egybe van építve a felszín alatt, oly módon, hogy, a felszínen kibukkanó felület lehetővé tegye a mobil elemek hozzárögzítését árvízi időszakban.



2. ábra. Betétgerendás rendszerek szerkezeti rajza

Forrás: Készítette: nem ismert (BMGE, 2013)

Másik lehetőség a vízzárást biztosító résfalnak a mobil szerkezet mélyalapjától való független beépítése. Tekintve, hogy mindkét eljárásnál a permanens alapszerkezet a talajba kerül beépítésre, egyik esetben sem szükséges külön megtámasztás vagy dűcolás kialakítása a terepszint alá épített elemek kellő stabilitásának biztosítása érdekében.

A szerkezet építéséhez, bontásához és biztonságos üzemeltetéséhez a mentett oldalon szerviz út létesítése szükséges, amit biztonsági megfontolásból árvízi időszakban folyamatos előerős-védelemmel és további kordonokkal biztosítanak. A víz mederben tartásáért felelős vízszintes betétgerendák vagy panelek anyaguk szerint készülhetnek fémből vagy műanyaggal kombinált alumíniumból. A vízszintesen ható terhek hatására, a csatlakozó elemeknél fellépő szivárgás megakadályozására az egyes elemek gumitömítések mentén csatlakoznak egymáshoz, a panelek megfelelő illeszkedését pedig a fal legfelső részére szerelt feszítő elem biztosítja. A csorgás elkerülése, valamint az uszadékok és jeges vízzel szembeni állékonyság végett kiemelten fontos a nagy gyártási pontosság és akkurátus összeszerelés (ERBO-PLAN, 2012).

Tekintettel arra, hogy Magyarországon a betétgerendás árvízvédelmi mobilrendszerek alkalmazása pár éves múltra vezethető csak vissza, az egyes típusokra vonatkozó szabványok és méretezési irányelvek áttekintésére a német szabványok a mérvadóak. Természetesen léteznek a fentiekől eltérően más típusú megoldások is, bár ezen rendszerek nem rendelkeznek még olyan referencia háttérrel, ami lehetővé tenné megbízható alkalmazásukat. A mobilfal szerkezetek közül széles körben alkalmazott betétgerendás technológia Magyarországon elsőként Szentendrén majd Szegeden került kiépítésre, de ilyen típusú védművet terveznek létesíteni többek között a budapesti Római-parton, Vácon és Visegrádon is (megjegyzendő ugyanakkor, hogy a 2013. tavaszi Dunai árvíz során a Margitsziget védelmére telepített, „tengeri kigyónak” becézett mobil tömlőfal is hatékony védekezési megoldásnak bizonyult) (Tarlós, 2013). A mobil árvízvédelmi falak tervezésénél a talajviszonyok, éghajlati adottságok, vízrajz stb. mellett két fő szempontot kell figyelembe venni: az árvízvédelmi mű szükséges építési magasságát meghatározó mértékadó árvízszintet (MÁSZ-t), valamint a védmű korona magasságára számolt vízoszlop hidrosztatikai nyomásából eredő terheket, ami a mobilrendszer alapozási mélységének meghatározásának függvénye. A Szentendrén telepített műtárgy felszín alatti elemei (mélyalapoás, illetve

vízzáró résfal) a terepszinttől számított kb. 6 méter mélységig hatolnak a talajba, magasságát pedig MÁSZ + 1,35 m-re tervezték (Szentendre Város Önkormányzata, 2009). Másik példaként említem az ausztriai Greinben felállított, 15,1 méteres vízállásig védő, világhíressé vált monumentális mobilfalat, melynek felszín alatti beton elemei 20 méter mélységig hatolnak a talajba (<http://www.szeretlekmagyarorszag.hu> Letöltés ideje: 2015.04.02.). A közeljövőben Magyarországon és külföldön is – a Duna mentén alkalmazott betétgerendás mobilfalak sikerességén alapulva – további falak létesítését tervezik az árvízi veszélyeztetettség fokozódása által támasztott követelményeknek megfelelően.

A továbbiakban az árvízvédelmi falak kiépítésének és alkalmazásának azon hatásainak vizsgálatára kerül sor, amelyek közvetetten, vagy közvetlenül geohidrológiai változásokat és környezeti károkat idézhetnek elő.

### **A környezetre, illetve a talajra gyakorolt (káros) hatások**

A mobil árvízvédelmi megoldásokat elsősorban nagyobb folyók ár hullámai által veszélyeztetett, sűrűn beépített nagyvárosokban illetve településeken alkalmaznak, főként olyan esetekben, amikor a körülmények nem teszik lehetővé a földgátak és nagyobb helyigényű árvízvédelmi létesítmények kiépítését, illetve alkalmazását. Az anyagi károk megelőzése és a lakosság életének és egészségének megóvása mellett az árvízvédelmi műtárgyakkal történő beavatkozás környezetre gyakorolt pozitív hatása, hogy az ár hullám levonulásával megelőzhető, illetve meggátolható a környezetre káros mikroorganizmusok jelenléte a talajban, annak felszínén, illetve a növényzeten. Emellett az elöntés megakadályozásával elkerülhető, az ár hullám levonulását követő fertőtlenítő anyagok környezetbe jutása. Ezzel szemben azonban a mobil árvízvédelmi falak kivitelezési munkálataiból és főként működéséből számos olyan tényező említhető, amely megelőző intézkedések nélkül káros hatást fejt ki a környezetre. Megállapítható, hogy a permanens elemekkel rendelkező mobil árvízvédelmi rendszerek telepíthetőségét sok hidrológiai, talajszerkezeti és geológiai tényező befolyásolja, illetve további szükséges műtárgyak és berendezések kiépítését, illetve telepítését teszi szükségessé. Ennek oka, hogy az akár több kilométer hosszúságú partszakaszon kiépített mobil fal elsősorban állandó elemei az alábbi káros hatásokat idézhetik elő a kivitelezés jellegétől és helyszínétől függően: (ERBO-PLAN, 2013)

- a kivitelezés során fellépő ideiglenes zajterhelés, levegőszennyezés (nem releváns),
- a kivitelezés és a műtárgy mobil elemeinek összeszerelése közben keletkező veszélyes hulladékok (nem releváns),
- a műtárgy munkaterületén és védősávjában bekövetkező természeti értékekben történő károsodások, fakivágások, bozótirtás, növényzetirtás,
- az építkezés során okozott talajterhelések,
- a hullámtér szűkítésének hatásai,
- a felszín alatti vizek, rétegvizek vízháztartásának és dinamikájának megváltozása, esetleges szennyeződése,
- a hatásterület élővilágának zavarása, a növényvilág életfeltételeinek változása,



- a műtárgy állandó alapteste és felszín alatti elemei által okozott változás a természetes vizek áramlási viszonyaiban,
- a hullámtérben nőtt „vadfák” kivágásából eredő negatív hatás az ökoszisztémára, illetve a vízi növény- és állatvilágra,
- és a tájkép átalakulása, vizuális értékcsökkenése.

A védmű kivitelezési munkálatai során keletkező veszélyes hulladékok lehetnek üzemanyagok, kenőanyagok elfolyásai, gépkarbantartás és -használat során jelentkező hulladékok, egyes bontási anyagok, amelyek eltávolítása a hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeire vonatkozó szabályozás szerint történhet (ERBO-PLAN, 2013). Itt fontos megemlíteni, hogy a mobil árvízvédelmi falak egyik előnye, hogy építése és alkalmazása során a keletkezett veszélyes hulladék mennyisége nem számottevő, szemben a homokzsákokkal épített nyúlgáttal, mivel a műanyag (polipropilén) zsákok fertőzésveszélyes, rendszerint több tonnányi tartalmának újrahasznosítása rendkívül körülményes. A gondosan összegyűjtött és elkülönített homokot az építőipar ugyan fel tudja használni, de mind környezetvédelmi és egészségügyi szempontból terhet jelent.

Az építési munkálatok során – az építési terület jellemzőitől függően – számolni kell továbbá a termőréteg pusztulásával, talajtömörődéssel, illetve az építkezések során kisebb mennyiségben a talajba kerülő különböző szennyezőanyagokkal (olajok, vegyszerek stb.).

Környezetvédelmi szempontból releváns hatásnak mondható a műtárgy munkaterületén, feltöltési szakaszának nyomvonalán és védőszájában szükséges fakivágások és növényzetirtás. A leggyakoribb probléma a védmű kiépítési területén található, olykor több száz éves fák kivágása (lásd: Római-partra tervezett mobilfal), ami mind az építkezés és a biztonsági óvintézkedések miatt szükségesek, ugyanis a fák gyökerei jelentős elváltozásokat eredményezhetnek a mobilfal alapzatában, valamint az ágak leszakadása, illetve a fa esetleges kidőlése következtében okozott gátszakadás katasztrofális következményekkel járhat. Az érintett fák kivágása a kivitelező által benyújtott fakivágási kérelem elbírálását követően kezdődhet meg, a védmű nyomvonalának közvetlen környezetében pedig csak megfelelő növényzet ültethető.

Az átmeneti védekezést biztosító mobilfalas technológia további hátránya lehet, hogy a hullámtér szűkítése az árvízi vízhozamot levezető mederkeresztmetszet csökkentésével növeli az árvizek levezetésének kockázatát a további árvíz-veszélyeztetett partszakaszokon, növelvén a jelentős környezetkárosítás veszélyét is (FMT Rt, 2003).

A mobil árvízvédelmi falak telepítését nagyban befolyásolja továbbá a talajvíz áramlása, mivel a mobilfalak alépítményei és mélyalapozása megváltoztatják az érintett terület talajvíz-háztartását, amelynek olyan kedvezőtlen következményei lehetnek, mint a felszín alatti vizek szennyeződése, talajbomlás, talajfolyósodás vagy a belvizek kialakulása. A talaj káros mértékű fellazulása a domborzattól függően földcsuszamlást, és az alapozás elmozdításával épületkárokat idézhet elő, amellet, hogy a helyi növényzetre is káros hatással bír. A belvizek mentett oldalon való kialakulásának, illetve a visszaduzzasztás oka, hogy a műtárgy felszín alatti elemei megakadályozzák

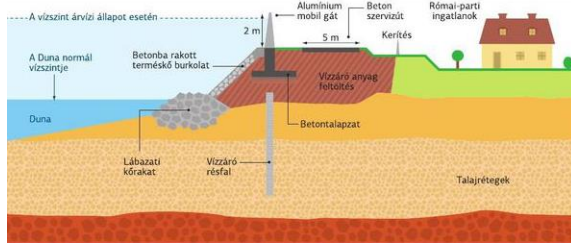
az ármentesített területen belül keletkezett és a folyó felé törekvő vizek szabad áramlását, lefolyását. A védmű mélyalaposításának méretezése alapvetően a víz statikus és dinamikus terhei szerint történik, azonban további vizsgálatok indokoltak a résfal szükséges kiépítési mélységének megállapítására annak megakadályozására, hogy a víz utat találjon a műtárgy alapozása alatt, ami belvíz formájában ugyancsak a hullámter elárasztását, illetve a mobilfal funkciójának veszélyeztetését okozhatja. A vizsgálatok kiterjednek a szivárgási viszonyok modellezésére és részletes talajvizsgálatra, mivel az altalaji rétegek változó összetételűek és különböző átteresztő képességgel jellemezhetőek. A visszaduzzasztás jelenségénél fontos figyelembe venni továbbá, hogy az árhullámoktól függetlenül, egész évben jelentkezhet, mértékét pedig az alábbi tényezők befolyásolják: (BME, Geotechnikai Tanszék, 2013)

- a talaj rétegzettsége,
- az egyes rétegek összetétele, vízvezető képessége,
- a mentett oldal vízhozama,
- és a folyó távolsága.

A mobil árvízvédelmi rendszerek mélyépítésű elemeinek környezetre gyakorolt hatásának megértéséhez szükséges a résfalak kérdéskörének körüljárása. A földmegtámasztási, teherviselési vagy vízzáró, tömítő funkciókat ellátó függőleges, terepszint alá épített résfalakat egyaránt alkalmaznak mobil árvízvédelmi falaknál, illetve hagyományos árvízvédelmi töltések alatti szivárgások megakadályozására, valamint környezetvédelmi célokra is (pl. szennyezőanyagot tároló tározók szivárgásának gátlására). A vízzáró résfalak kialakítása réseléssel valósul meg, vagyis speciális munkagéppel (réselőgéppel) kialakított munkaárok résanyaggal való feltöltése történik függőleges résvezető gerendák mentén. A résiszap hidrosztatikai nyomása megtámasztja a résfalat, így megakadályozva annak beomlását. A rés betonnal történő feltöltése betonozó csőn keresztül történik, a beton szintjének folyamatos növekedése egyidejűleg kiszorítja az ideiglenes töltőanyagként szolgáló résiszapot, ami így eltávolításra kerül. A réskitöltéshez nátrium-montmorillonit tartalmú bentonitot használnak, a szennyezőanyagok célzott visszatartásához a töltőmasszát geomembrán lemezzel kombinálják (Faur & Szabó, 2011).

A fentiek is megerősítik azon megállapítást, miszerint a mechanikai sebezhetőség mellett a mobil árvízvédelmi falak legkényesebb pontjai a felszín alatti vízzáró elemek. A hosszabb partszakaszokon (több száz méter, vagy több kilométer hosszon) kiépített mobil árvízvédelmi falak telepítésének, megfelelő alapozásának és vízzáró rétegének kialakításának módja eltérhet a talaj összetételétől és vízáteresztő képességétől, az adott szakaszra vonatkozó MÁSZ-tól, a beépítettségtől valamint a domborzat adottságaitól függően, ezért szakaszolva történik. A korábbi tervek alapján a 3 szakaszként megvalósítani tervezett, Római parti mobil árvízvédelmi fal alapozásának és vízzáró megoldásának metszetét az alábbi kép (3. ábra) demonstrálja. A mentett oldalra történő átszivárgást a terepszint feletti alumínium paneles rendszer beton-alapzata alá épített vízzáró résfal akadályozza meg. A talajvíz a felszín alatt kb. 7-8 méter mélységben kezdődő kavicsrétegen keresztül áramlik a folyóba, amelynek lezárása miatt jöhet létre a fentiekben említett visszaduzzasztás. Másik megoldandó prob-

léma a vízzáró fal előtt feltorlódó szivárgó vízmennyiség, amely csökkentheti a védmű biztonságát (BME, 2013). A hidrológiai vizsgálatok ki kell térjenek arra is, hogy a talajba több méteres veszélyezteti a természetes vízzáró rétegek között található rétegvizeket, mivel azok „elfolyása”, keverődése és szennyeződése negatívan befolyásolhatja környező kutakat, természetes víz bázisokat és a vízgazdálkodást. Az árvízvédelmi mobilfalak környezetre vonatkozó



3. ábra. A Római-partra tervezett árvízvédelmi mobilfal rendszer szerkezetének metszete a korábbi tervek alapján

Készítette: Bardóczi Sándor, BCE Építészeti Kar

(URL: [http://nol.hu/belfold/20131017-hamis\\_latvanytervek\\_eltemetett\\_fak-1420155](http://nol.hu/belfold/20131017-hamis_latvanytervek_eltemetett_fak-1420155);

Letöltés ideje: 2015.04.05).

hatásai tárgyalásánál fontos megemlíteni, hogy az üzemeltetési és karbantartási folyamatok nem jelentenek a környezetre. A továbbiakban azon műszaki megoldások vizsgálatára és bemutatására kerül sor, amelyek alternatívaként szolgálhatnak a fenti hatások megelőzésére, vagy mérséklésére, oly mértékben, hogy lehetővé teszik a mobil árvízvédelmi falak környezetre gyakorolt jelentős káros hatásoktól mentes megvalósítását.

### A káros hatások elkerülésének műszaki lehetőségei

A kivitelezési munkálatokból adódó környezeti terhelések várható mértéke nem igényel speciális és költséges intézkedéseket, azonban az érintett területen lévő ökoszisztéma károsodásának csökkentése érdekében az építési anyagot célszerű uszályról szalagon keresztül a helyszínre juttatni az élő környezet minél kisebb mértékű megzavarása mellett. A talajszennyezés megelőzése érdekében fokozottan figyelni kell a szennyezőanyagok (hulladék, üzemanyag, kenőanyag) talajra kerülésének megelőzésére (Szentendre Város Önkormányzata, 2009). Nagyobb problémát jelent a tervezett



4. ábra. A mobil árvízvédelmi falak talajra gyakorolt hatásai

Készítette: ERBO-PLAN Kft.(2012)

helyreállítása követi. A többi hasonló jellegű építkezéshez hasonlóan az árvízvédelmi védművek építési munkálatait is területrendezés és füvesítés, illetve parkosítás. Ilyen esetekben a fakivágás és a bokorirtás elkerülhetetlen, azonban akkurátus tervezéssel

védmű nyomvonalába és biztonsági zónájába eső fák és növényzet szükséges eltávolítása, ami a negatív környezeti hatások mellett jelentős látványbeli értékcsökkenést is okozhat a partszakaszon. A nyomvonal történő fakivágásokat a kidolgozott „fakivágási és favédelmi terv” alapján kell elvégezni. vagy a burkolat

az eltávolítandó fák száma csökkenthető, a munkálatokat követően pedig újratelepítéssel pótolható. (ERBO-PLAN, 2013). Utóbbi sokszor feltétele is a környezetvédelmi engedélyeztetésnek is. A Duna esetén fontos továbbá, hogy a partot szegélyező homokos-kavics réteg változatlan formában és mennyiségben megmaradjon elsősorban víztisztító hatása miatt. A talajvíz áramlás beépített résfal okozta elzáródásának mechanizmusát az alábbi ábra (4. ábra) demonstrálja. A talajvíz mentett oldalon való nagy mennyiségű visszaduzzadásból és a szivárgó vizek átjutásából eredő károk megelőzhetőek mélyszivárgók kialakításával és néhány méterenként talajvíz süllyesztő kutak elhelyezésével.

A kutakban összegyűlt vízmennyiség a szivárgókon keresztül gravitációs bevezetéssel a szivattyútelepig jut, ami visszajuttatja a káros víztöbbletet a folyóba (Épinfo, 2012).



5. ábra. Partfalba beépített mélyszivárgó metszete  
Készítette: nem ismert (Építő-szakmai cikkeek, 2012)

mentes időszakban kifolyócsővel is. (SYCONS Kft, 2012).

A szűrőcsövek nyílásai befelé szélesedő átmérőjű kialakítással kerülnek beépítésre az esetleges eltömődések megelőzése végett. A mindössze néhány milliméter átmérőjű réseken a finomabb szemcsék és frakciók átjutnak, azonban a nagyobb darabok kiszűrődnek. A talaj nagyobb agyagtartalmú vízzáró rétegei esetén a fúrt szivárgót célszerű kavicsölöpkével együtt alkalmazni, amelyek áttörik a vízzáró rétegeket, és ezzel biztosítják a talajvíz szivárgó csőbe való juttatásának lehetőségét (SYCONS Kft, 2012).

A szivárgó rendszeres technológia nagy előnye, hogy kiépítése a felszín minimális mértékű megzavarásával, nagy volumenű földmunkák elvégzése nélkül megvalósítható, és a gravitációs elven alapuló áramlás miatt önműködő. Az árvízvédelmi funkció teljesítése miatti mesterséges vízzárás által a felszín alatti vizeknek okozott visszaduzzasztása felveti a kérdést, hogy a káros víztöbblet felgyülemzése a talajban megelőzhető-e a résfalas technológia célzott alkalmazásával, vagy helyettesítésével. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnikai Tanszékének oktatói, Dr. Mahler András és Dr. Nagy László szimuláción alapuló modellezéssel a Szentendrán megvalósult mobil árvízvédelmi fal vízzáró mélyépítésű elemeinek vizsgálatánál meg-

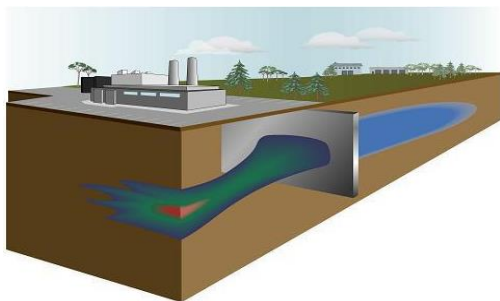
A fentiekben bemutatott mélyszivárgós eljárással a talajvíz szintjének jelentős megemelkedéséből eredő káros hatások megelőzhetőek. Az alábbi képen (5. ábra) ábrázolt keresztmetszeten látható mélyszivárgó rendszer bemutatja a víz elvezetésének elvét, a víztöbblet elszivárogató aknából való kivezetése az átemelő szivattyús megoldás mellett működhet árvíz-



6. ábra. Fúrt szivárgócsövek kifolyói a gyűjtőaknában  
Készítette: nem ismert (Építő-szakmai cikkeek, 2012)

állapította, hogy a vízáteresztő talajréteg keresztmetszetének 90 %-os lezárása mellett a mentett oldali talajvízszint mindössze csekély mértékben változik. Mindezt azzal indokolták, hogy a lecsökkent keresztmetszeten a szivárgó víz nagyobb sebességgel áramlik a vízzáró szerkezeti elem alatt. Vizsgálatuk szerint a visszaduzzasztás megelőzhető a vízzáró réteg feletti 8 % keresztmetszet szabadon hagyásával (Mahler & Nagy, 2012). Tekintettel azonban, hogy a talajvízszint elsősorban helyi adottságok függvénye, vagyis nagyban befolyásolja a csapadék mennyisége, a hőmérséklet, a nyomásviszonyok és a domborzat is, a különböző helyszínekre tervezett védmű nyomvonalak esetén szivárgó rendszerek telepítése, illetve a résfalazást helyettesítő megoldás válhat szükségessé.

A szennyeződések megszürése passzív technológiaként létezik a reaktív résfal (PRB, Permeable Reactive Barrier) eljárás, amely a 7. ábrán látható módon, fizikai adszorpció, kémiai kölcsönhatás vagy biológiai kicsapódás útján ártalmatlanítja a reaktív falon átjutó víz szennyezéseit. Mindezzel a környezetvédelmi szempontok teljesülnek, azonban a magas permeabilitás miatt a vízzáró funkció nem realizálódik (Szerezla).

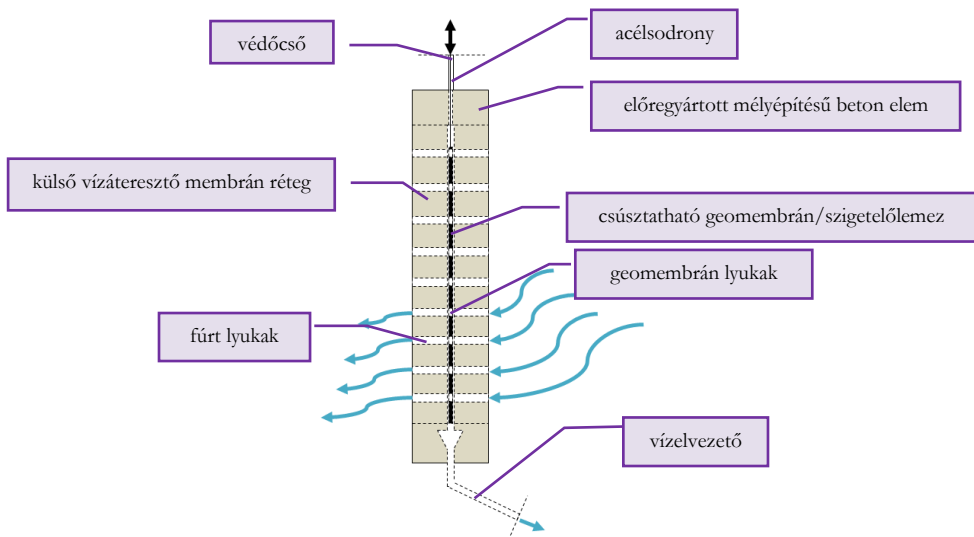


7. ábra. Szennyeződések szűrésére alkalmas reaktív résfal  
Készítette: nem ismert (Szerezla)

A fenti példa is bizonyítja, hogy a mélyépítésű elemek esetén a vízzáró és vízáteresztő funkció együttes ellátása aktív, mechanikus elven működő megoldásokat igényel, azonban a földfelszín alatti viszonyoknak (alacsony hőmérséklet, nedvesség) való ellenálló képesség és az esetleges meghibásodások esetén jelentkező nehéz hozzáférhetőség körülménnyé teszi ezen módszerek hatékony alkalmazását,

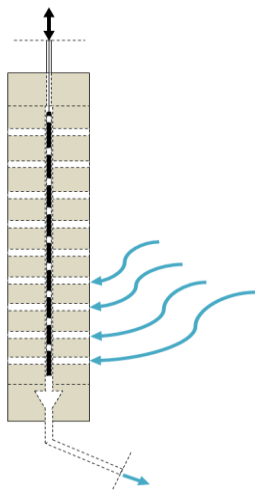
illetve elterjedését. Az ilyen létesítményeknél a hosszú távú működés érdekében elsődleges szempont tehát a megfelelő anyagmegválasztás és az egyszerű, „elromolhatatlan” technikai megoldások alkalmazása. Az alábbi ábrákon (8-9. ábra) javasolt csúsztatható szigetelőlemezes előregyártott beton vízzáró résfal véleményem szerint megfelel a kettős funkció mellett (zárt állapotban meggátolja a felszín alatti vizek átjutását, nyitott állapotban pedig a rendszer permeabilis) a megbízhatósági követelményeknek is.

Működésének alapelve, hogy az előregyártott vasbeton fal belsejében kialakított részben polietilén geomembrán van elhelyezve, amelyet védőcsőben vezetett rozsdamentes acélsodrony mentén történő felszíni, 2 fázisú mozgatásával nyitott, illetve zárt állapotba lehet helyezni.



8. ábra. Csúsztatható szigetelőlemez előregyártott vízáró résfal NYITOTT állapotban  
Készítette: a szerző

A vertikális irányú mozgítás történhet motoros, vagy hidraulikus megoldással is, illetve a tömegétől és súrlódási együtthatótól függően akár kézi



9. ábra. Csúsztatható szigetelőlemez előregyártott vízáró résfal ZÁRT állapotban  
Készítette: a szerző

erővel vezérelt mechanikus úton is. A víz átfolyását a geomembrán szigetelőlemezen elhelyezett kb. 10-15 cm-es átmérőjű lyukak és a betonfalba fűrt, azonos átmérőjű nyílások együttes állása teszi lehetővé. A nagymennyiségű föld bekerüléséből adódó eltömítődések megelőzésére a beton résfal külső felületét vízáteresztő geotextillel, vagy geomembránnal célszerű bevonni, a belső részbe szivárgott szennyeződések és víz elvezetésére pedig a rendszer alján gravitációs vízelvezetőt szükséges kialakítani, amely kivezetéséből a felgyülemlett víz szivárgó rendszerrel eltávolítható. A létesítmény nyitó-záró mechanizmusára és az eltömítődés megelőzésére való tekintettel kiemelten fontos a magas gyártási pontosság. Sok nemzetközi példa bizonyítja, hogy a mobil árvízvédelmi falakat nem muszáj minden esetben a part mentén kiépíteni, mivel

alépítményeivel együtt, a klasszikus alumínium betétgerendás szerkezettől eltérően, az esztétikai igényeknek is megfelelően a veszélyeztetett létesítmények és ingatlanok kerítésének vonalában is kiépíthetőek. Ezen megoldás nagy előnye, hogy számottevően alacsonyabb költséggel és a környezet sokkal kisebb megbolygatásával megold-

ható, ugyanakkor a teljes partszakasz, illetve hullámtér árvízi védelmét nem látja el. A védmű áramlási holtterben történő kiépítése továbbá fokozza a vízfolyam hidraulikus hatásaival és az uszadékok, illetve jeges ár elleni védekezést is. Az árterületen természetes úton fejlődő fák és növényzet az évek során adaptálódnak az árvizes időszakhoz és gyors regenerálódásra képesek.

## **Összegzés**

Az árvízvédelmi funkciót ellátó komplex mobilfal rendszerek egyes elemeinek környezetre gyakorolt hatásait vizsgálva megállapítható, hogy az építési munkálatok, az üzemeltetés és fenntartás nem jelent különös terhet a környezetre. Ugyanakkor a budapesti Római-parton létesíteni tervezett mobil árvízvédelmi védmű esetén is sok vitát váltott ki a Natura 2000-es területek érintettsége, illetve a műtárgy tervezett nyomvonalába eső fák tervezett kivágása. A fakivágási engedélyek során mérlegelni szükséges az árvízi veszélyeztetettséget, a várható károkat, a védekezés alternatív megoldásait és költségeit mivel az érintett partszakaszon található fák és növényzet eltávolítása az esetek többségében elkerülhetetlen. A környezet, a zöldfelületek és a tájkép helyreállítása céljából a környezetvédelmi engedélyeztetés feltételei a fák védő zónán kívül való visszatelepítése, és a környezetvédelmi igényeknek megfelelő területrendezés. Az elemzés során megállapítást nyert, hogy a permanens mélyépítésű elemekkel rendelkező árvízvédelmi mobilfalak a környezetre vonatkozóan a talajmechanikai, illetve geohidrologiai folyamatokra fejtenek ki legnagyobb mértékben hatást, mivel a rendszer terepszint alá telepített állandó elemei jelentős változásokat idéznek elő az érintett terület talajvízháztartásába, valamint a mélyépítésű vízzáró elemek befolyásolhatják a rétegvizek minőségét is. A hatékony felszín alatti vízzárás átfogó hidrodinamikai és talajszerkezettani előzetes vizsgálatokat igénylő feladat, mivel mind a szivárgás megakadályozása és a visszaduzzasztott víz káros mennyisége által támasztott kritériumoknak meg kell feleljen. A káros víztöbblet eltávolítására leghatékonyabb módszerként a mélyszivárgó rendszerek kialakítása bizonyul, ugyanakkor azon esetekben, amikor valamely körülmények ezen létesítmények kiépítését nem teszik lehetővé, illetve a folyamatosan növekvő árvízszint rendkívüli mennyiségű káros víztöbbletet eredményez a mentett oldalon a jelen tanulmányban bemutatott, csúsztható szigetelőlemez vízszáró fal alapelveinek megfontolását és továbbfejlesztési lehetőségének vizsgálatát javaslom.

Magyarországon alappreferenciát az országban először Szentendrén létesített, több mint 300 méter hosszúságú mobilfal jelent, de a Római-parton tervezett védmű környezetvédelmi aspektusaival kapcsolatos viták is alátámasztják, hogy a mobil árvízvédelmi falak komplex rendszerek, amelyeket minden adott helyszínen az adott talajmechanikai és környezeti feltételek szerint szükséges tervezni és létesíteni. Mindezt ezen védművek műszaki terveit összhangban célszerű elkészíteni tájépítészeti és part rehabilitációs tervekkel.

## Irodalomjegyzék

- BOKOR BARNA: Aqua-stop mobil árvízvédelmi megoldások, Transinvest Kft. Budapest, 2013  
URL: [www.nkek.hu/ext/download.php?id=453](http://www.nkek.hu/ext/download.php?id=453); *Letöltés ideje: 2015.03.28.*
- Kutatási Jelentés a Budapest, III. Római parton tervezett mobil árvízvédelmi fal környezetében kialakuló szivárgási viszonyokról, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Geotechnikai Tanszék  
URL: [http://budapest.hu/Documents/romai\\_part\\_vedmu/modositott\\_vizjogi\\_engedelyezesi\\_terv\\_20130818/5\\_kutatas\\_jelentes/SZIVSZAM%20romai%20part%284%29.pdf](http://budapest.hu/Documents/romai_part_vedmu/modositott_vizjogi_engedelyezesi_terv_20130818/5_kutatas_jelentes/SZIVSZAM%20romai%20part%284%29.pdf); *Letöltés ideje: 2015.04.02.*
- Szakértői vélemény a Budapest, III., Római-parti árvízvédelmi mű döntés előkészítő tanulmányáról, BME, Budapest, 2013. március 31.
- ERBO-PLAN Mérnöki Szolgáltató Kft., 2012., Budapest III. kerület, Római part ideiglenes árvízvédelmi mű tervezése, szakértői szintű döntés-előkészítő tanulmány.  
URL: [www.infoszab.budapest.hu:8080/GetFile.aspx?id=107689](http://www.infoszab.budapest.hu:8080/GetFile.aspx?id=107689); *Letöltés ideje: 2015.03.28.*
- Budapest III. kerület, Római-part ideiglenes árvízvédelmi mű tervezése, Környezeti hatástanulmány, ERBO-PLAN Mérnöki Szolgáltató Kft., 2013
- Tanulmányterv a fővárosi hullámterek beépítési következtében létrejövő mederszűkítések árvízvédelmi hatásainak vizsgálatára, Fővárosi Mérnöki Tervező Részvénytársaság, Csatornázási és Vízépítési Iroda, Budapest, 2003.
- FAUR KRISZTINA BEÁTA, SZABÓ IMRE: Geotechnika 10., Részalak  
URL: <http://meip.x5.hu/files/1631>; *Letöltés ideje: 2015.04.05.*
- GODA Péter: Folyóink, vízrajzás, műszaki hidrológia, Országos Vízügyi Főigazgatóság honlapja, 1991.  
URL: <http://www.ovf.hu/index.php?mid=347>; *Letöltés ideje: 2015.03.21.*
- BAERBEL KOPPE, BIRGITT BRINKMANN: opportunities and drawbacks of mobile flood protection systems, Proceedings of the International Coastal Engineering Conference ICCE 2010 June 30 – July 5, 2010, Shanghai  
URL: <http://www.aquadot.de/veroeffentlichungen/download/icce-2010-koppe-brinkmann.pdf>;  
*Letöltés ideje: 2015.03.28.*
- MAHLER ANDRÁS, NAGY LÁSZLÓ: Árvízvédelmi gát szivárgás csökkentése vízzáró fal alkalmazásával, XXX. Országos Vándorgyűlés, 2012.06.04-06., Kaposvár  
URL: [http://hidrologia.hu/vandorgyules/30/dolgozatok/mahler\\_andras.html](http://hidrologia.hu/vandorgyules/30/dolgozatok/mahler_andras.html); *Letöltés ideje: 2015.04.20.*
- Szentendre Város Önkormányzata, 2009. Részletes Megvalósíthatósági Tanulmány a Szentendrei árvízvédelmi védmű megerősítése és átalakítása a történelmi óváros védelmének érdekében  
URL: [http://www.szentendre1000ev.hu/wp-content/uploads/2012/02/RMT\\_100730-vegleges.pdf](http://www.szentendre1000ev.hu/wp-content/uploads/2012/02/RMT_100730-vegleges.pdf);  
*Letöltés ideje: 2015.04.02.*
- SZEREZLA KLAUDIA: Reaktív részalak (PRB-k)  
URL: [http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/Reakt%C3%ADv%20r%C3%A9sfa\(PRB\)\\_Szerezla%20Claudia\\_BUJSO0.ppt](http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/Reakt%C3%ADv%20r%C3%A9sfa(PRB)_Szerezla%20Claudia_BUJSO0.ppt); *Letöltés ideje: 2015.04.20.*
- Szakértői vélemény a Budapest III., Római-parti árvízvédelmi mű döntés előkészítő tanulmányáról, BME, Budapest, 2013. március 31.
- Talajvízszint süllyesztése fűrt szivárgó rendszer segítségével, Építő-Szakmai cikkek, 2012.04.24.  
URL: [http://www.epinfo.hu/?searchType=szaccikkId&szaccikkId=732&title=Talajviszint\\_sullyesztese\\_furt\\_szivar\\_gorendszer\\_segitsegevel](http://www.epinfo.hu/?searchType=szaccikkId&szaccikkId=732&title=Talajviszint_sullyesztese_furt_szivar_gorendszer_segitsegevel); *Letöltés ideje: 2015.04.20.*
- Tarlós: Hírek az átadásról, Margitsziget Infó, 2013.06.07.  
URL: <http://www.margitsziget.info/hirek50-hirek-az-aradasrol>; *Letöltés ideje: 2015.04.02.*
- Világhírű lett az osztrák mobilgát, Szeretlek Magyarország, 2013.06.07.  
URL: <http://www.szeretlekmagyarorszag.hu/vilaghiru-lett-az-osztrak-mobilgat/>; *Letöltés ideje: 2015.04.02.*