### Öntözőrendszerek

## Élelmezési problémák

Jelen pillanatban a Föld lakosságának pontos számát meghatározni rendkívüli kihívást jelent, mivel ez egy olyan változó, mely dinamikusan változtatja az értékét. A legpontosabb adatok megszerzése az országos népszámlálások és a születési valamint halálozási arányok figyelembevételével történik. Ezen módszerek és adatok legpontosabb figyelembevételével is fennáll egy 1-2% hibahatár, ami egy ilyen hatalmas populáció esetén jelentős eltéréseket eredményezhet. Ezen adathiány és hibahatár miatt a világ lakosságának pontos számának meghatározása egy felettébb nehéz probléma. Viszont jó megközelítéssel egy elfogadható értéket vagyunk képesek megkapni, amely rálátást biztosít a föld lakosságának számára

Az ENSZ adatai alapján, 2022 november 15-én, a világ lakosságának száma elérte a 8 milliárd főt, és ezen a számon továbbra is növekedés tapasztalható. Ez nem elhanyagolható demográfiai problémákat vet fel, legfőképpen az élelmiszerellátás terén.

Mivel Földünk megművelhető és élelmiszer élőállítására megfelelő földterület egy olyan paraméter amely fixen adott, így az elkövetkezendő években a lakosság növekedése további nyomást helyez az élelmiszertermelés és az ellátási láncokra. Az élelmiszeripar és mezőgazdaság kénytelen lesz nagyobb mennyiségű élelmiszert termelni, hogy az embereket élelemmel lássa el. Emellett meg kell oldania az élelmiszer elosztás és fenntarthatóság kérdését is.

A legfőbb kitermelési illetve ellátási problémák olyan térségekben tapasztalhatók amelyeknek térségi adottságai megnehezítik vagy esetekben teljesen ellehetetlenítik a mező- illetve egyéb más gazdaságok létjogosultságát. Ilyen övezetek például Észak-Afrika valamint a Földközi-tenger térségei. Ezen területek nagy mértékben adományok valamint segélyszervezetek munkájától függnek, viszont ezen cselekedetek nem mozdítják előre, hanem ellenkező esetben lecsökkentik az önállósodási hajlamot. Így ezekben az országokban ahol nincs ráfordított energia és erőforrás olyan létesítmények létrehozására amely az élelmezési lehetőségek problémait szándékoznának megoldani jelentősen megnövekedhet a kivándorlási arányok száma. Így az élelmezés mint paraméter nagy mértékben képes befolyásolni azt. Ezen területet országaiban kicsit sem elhanyagolható, mivel a lakosság egyre nő, viszont az éghajlati adottságok nagyban megnehezítik a termelést. Egy tunéziai kutatócsapat kimutatásai alapján (2017) rendkívül fontos a mezőgazdaság termelés fenntartása és annak jelentős újraszervezése, mivel az nemcsak élelmiszert képes kitermelni, hanem jelen esetünkben munkahelyeket is képes biztosítani, így csökkentve a kivonulás mértékét.

Globális mértékben a 2022-es élelmezési biztonsági jelentés szerint, 2021-ben az éhezők száma elérte a 828 millió főt. Az ENSZ-jelentése a globális válság fő okait a mélyszegénységben és az országok közötti, valamint az országokon belüli növekvő egyenlőtlenségekben látja. Emellett hangsúlyozza, hogy a Covid-19 járvány, a háborús konfliktusok, szélsőséges időjárásiesemények és ezek gazdasági hatásai is közrejátszanak a válság kialakulásában. A jelentés kiemeli ezen tényezőknek kölcsönhatásait, amikor a probléma gyökerét elemzi.

Ezen túlmenően, a nem fenntartható mezőgazdaság és élelmiszertermelés következményeire és az élelmezési rendszerek torzulásaira is rámutat. Az Ukrajna elleni orosz agresszió tovább rontja a már drámai helyzetet. Az ukrajnai gabonaszállítások megszűnése nem csak az érintett államokra van hatással, hanem különösen az élelmiszerimportra szoruló afrikai és közel-keleti országokra, valamint néhány ázsiai országra, akik eddig jelentős mennyiségű gabonát szereztek be a térségből, és most az élelmiszer-ellátásuk kerül veszélybe.

## A mezőgazdaság főbb alkotóelemei

A mezőgazdasági termelését számos tényező befolyásolja, mint a természeti környezet és a gazdasági tényezők. Ezek összetett módon kapcsolódnak egymáshoz. A természeti tényezők, például az éghajlat, víz és talajminőség, fontosak a mezőgazdaságban. A természeti-ökológiai viszonyok határozzák meg, milyen növények és állatok terjeszthetők ott, de a fejlesztések segíthetnek a termelés területének növelésében. Ugyanabban a régióban néha ugyanolyan természeti feltételek mellett többféle növényt termesztenek, de eltérő hozamokat érnek el.

# Táptalaj

A fent említett demográfiai és környezeti problémák komoly kihívást jelentenek a természeti erőforrásokra, különösen a termőföldre, amely az agrárgazdaság egyik legfontosabb alapja. A termőföld mennyiségének csökkenése olyan széles körű következményekkel járhat, mint az állattenyésztés jelentős visszaesése. Ennek eredményeként az állatállomány mérséklődik, és ezáltal az állati termékek ellátása is csökken, ami közvetve hat az emberi táplálkozásra. Az élelmiszertermelés területén is hasonlóan komoly problémákat okozhat a termőföldek csökkenése. A zöldség- és gyümölcstermelésben is hatalmas visszaesést okozhat.

A talaj fizikai tulajdonságai, például porozitás, sűrűség, vízfelvételi és légáteresztő képesség, függnek a talaj mechanikai összetételétől, beleértve a szemcsék méretét és az agyag-homok arányát. Ezek a tulajdonságok meghatározzák, mennyire alkalmas egy talaj a mezőgazdasági termelésre. Például, talajok, amelyekben sok finom agyag és iszapszemcse található, kötöttek és nehezen művelhetők. Bár jól tartják vissza a nedvességet, vízvezető képességük gyenge. Másrészt, talajok, amelyekben sok homok van, könnyen vízfelvételre képesek, de nehezen tartják meg a vizet. Emellett a homoktalajok általában szegények humuszban az agyagos talajokhoz képest.

Az ember évszázadokon keresztül csak azt tudta betakarítani a mezőgazdaságból, amit a termőföld önmagában képes volt termelni. Hiányzó tápanyagok esetén csak szerves trágyákat használtak a pótlásra. Az ipar fejlődésével ma már ipari eljárásokkal elő lehet állítani az alapvető tápanyagokat, mint a nitrogén, foszfor, kálium, és mész, és ezeket a mérsékelten termékeny talajokba lehet juttatni a termények növelése érdekében.

A termőföld számos tényező függvénye, ami kiterjedt földrajzi, környezeti és gazdasági tényezőkből tevődik össze. Az egyes régiókban jelentős eltérések mutatkoznak a megművelt területek és a mezőgazdaságilag hasznosítható termőföldek eloszlásában. Például Európában a megművelt területek aránya a legmagasabb (88%), míg Dél-Amerikában a legalacsonyabb (11%).

Világviszonylatban a művelhető területek kevesebb, mint felét művelik. Ennek eredményeként a mezőgazdasági termelés sok helyen nem tudja elérni a kívánt mennyiséget és minőséget, különösen azokon a területeken, ahol a növekvő népesség miatt jelentős élelmiszerhiány alakul ki.

# Éghajlat

Az éghajlati viszonyoknak kiemelten fontos szerepük van a mezőgazdasági termelés területi elhelyezkedésének meghatározásában. Az éghajlati tényezők, mint például hőmérséklet, napsütéses órák, légnyomás és csapadék, együtt határozzák meg, hogy milyen növényeket és állatokat lehet egy adott területen gazdaságosan termeszteni.

Az éghajlati viszonyok mint például a hőmérséklet és a csapadék, képesek meghatározni, hogy melyik kultúrnövény vagy állatfaj mely területeken képes a legjobban a gyarapodásra Például a gabonafélék és a burgonya, amelyek széles hőmérsékleti tartományban nőnek, elterjedhetnek a sztyeppeterületektől egészen a tundráig. Azonban olyan növények, mint a rizs, specifikus környezeti feltételeket igényelnek, például jelentős mennyiségű vízre van szükségük a termesztéshez. Ha a víz rendelkezésre áll, a rizs elterjedhet trópusi övezettől a mérsékelt övezetig (így akár Magyarországon is).

Az éghajlati tényezők közül a hőmérséklet kiemelten fontosságú a mezőgazdasági termelés szempontjából. A hőmérséklet meghatározza, hogy mely növényi kultúrák termeszthetőek bizonyos területeken. Minden növénynek megvan a maga saját hőigénye, és vannak optimális hőmérsékleti tartományok amelyekben a növények a legjobban fejlődnek. Túl hideg vagy túl meleg időjárás negatívan befolyásolja a terméshozamot és bizonyos esetekben akár a termelési költségeket is növelheti

Minél jobban eltérünk egy adott növény hőmérsékleti optimumától, annál rosszabb lesz a terméshozam és annál magasabbak lesznek a termelési költségek.

A növények hőigénye eltérő, különösen növekedésük különböző szakaszaiban. Például a trópusi növények legalább 18-20°C éves átlaghőmérsékletet igényelnek, míg a mérsékelt éghajlaton télen az évelő növények nyugalmi állapotban vannak. Néhány növény, például alma és körte, hideg hőmérsékletre van szükség a megfelelő fejlődéshez. Egyetlen fagyos éjszaka például jelentősen csökkentheti a kukorica termésátlagát az Egyesült Államok Mississippi-medence északi részén.

Azonban ma már nemcsak a hideg okoz problémákat a mezőgazdaságban. A magas nyári hőmérséklet is jelentős károkat okozhat a mérsékelt övezetben. A magas hő és párolgás miatt sok növény vízhiányos állapotba kerülhet, és néhány területen teljesen el is pusztulhat. A hőmérsékleti adottságok időtartama is kulcsfontosságú. Például a búza számára legalább 4-5 hónapos 10°C feletti átlaghőmérsékletre van szükség a fejlődéshez és beéréshez. Ezért például a búzát Dániában és Svédország déli részén is termesztik, ahol ezek az átlaghőmérsékletek elérhetők.

Mindezek mellet a légáramlások is fontos szerepet játszanak a mezőgazdasági termelésben, mivel hatással vannak a hőmérsékletre és a csapadékra. A szél közvetlen hatása mellet még a hőmérsékletre és a csapadék mennyiségére is hatással van.

A trópusi övezetben gyakran előforduló pusztító ciklonokhoz, mint például a tornádók, hurrikánok és tájfunokhoz kell alkalmazkodnia a növénytermesztésnek. Ezért alacsony szárú növényzetet termesztenek a zárt, magas növényzet helyett.

Észak-Afrikában és Ausztrália sivatagi területein időszakosan kialakuló forró, száraz porviharok károsítják az oáziskultúrákat és kiszárítják a természetes növényzetet és legelőket.

Az amerikai kontinensen az észak felől érkező hideg légtömegek olykor egészen a Mexikói-öbölig juthatnak, ami károkat okozhat a kukorica, dohány, gyapot, rizs és cukornádültetvények számára. A floridai banán, ananász, citrom, narancs és grapefruit ültetvények is fagykárokat szenvedhetnek el.

A lokális szelek is fontos szerepet játszanak a mezőgazdaságban. Például a főn, amely a magashegységekben jelentkezik, befolyásolja a csapadékot és hőmérsékletet. A magashegységek szélnek kitett oldalán bő csapadék keletkezik, míg az árnyékos oldalon alacsonyabb hőmérséklet lehetővé teszi a kukorica, szőlő, cseresznye és kajszibarack termesztését. Ugyanakkor a "hideg főn" például veszélyezteti a citrom, narancs, levendula, mandula és virágültetvényeket.

# Víz valamint az öntözés

Egy a természetben előforduló szintén életünk alappilléreként szolgáló erőforrásra is nagy nyomás és figyelem hárul. Ez nem más mint a víz, amely a termőföldhöz hasonlóan szintén korlátozott mennyiségű.

A mezőgazdasági termelés sikeréhez alapvetően szükséges, hogy elegendő víz álljon rendelkezésre. A víz kulcsszerepet játszik minden mezőgazdasági szektorban, beleértve a növénytermesztést, az állattenyésztést és az erdőgazdálkodást is. A Föld különböző területein változó természetes vízforrások vannak jelen, és ezek erősen összefüggenek az éghajlati körülményekkel. Ennek következtében az egyes régiók eltérő természetes vízforrásokkal rendelkeznek, amelyek meghatározzák a mezőgazdasági termelés lehetőségeit és korlátait ezeken a területeken.

Abban az esetben, ha a rendelkezésre álló víz mennyisége nem elégíti ki a növénytermesztés vagy állattenyésztés vízigényét, akkor az negatívan negatívan befolyásolhatja a növények növekedését és az állatok súlygyarapodását. Ez aszályhoz vezethet, aminek eredményeként a növények és az állatok elpusztulhatnak. Fontos megjegyezni, hogy a növények és az állatok igyekeznek alkalmazkodni a rendelkezésre álló vízmennyiséghez. Azonban a természetes egyensúly, amely a vízellátottság és a vízigény között kialakul, néha megbomlik, és ekkor lehet szükség a vízigény mesterséges pótlására, akár részben, akár teljesen.

A mezőgazdasági termelés szempontjából épp olyan veszélyt jelent a túlzott vízmennyiség mint a vízhiány. Eme tényező nagyban képes befolyásolni, különösen a növénytermesztés szempontjából. A talaj túlzott nedvessége miatt a levegő kiűződik a talajból, ami gátolja a növények növekedését és negatívan hat az életfolyamataikra. A talaj tartós vagy hosszantartó túlzott nedvessége károsan érinti a mezőgazdasági termelést. Gyakran ilyen körülmények között termésvesztésekkel kell számolni, hosszú távon pedig a talaj termőképességének jelentős csökkenésével, vagy akár pusztulásával.

A világ különböző régióiban termesztett növényeknek eltérő vízigényük van. Az éghajlati változatosság és a származási hely miatt a növények vízigénye sokféle lehet. A növények génjeikben hordozzák ezt a vízigényüket, még akkor is, ha más éghajlati és vízellátási körülmények között termesztik őket. Például olyan területeken, ahol kevésbé kedvező a természetes vízellátás, alacsonyabb terméshozamra és növekvő termelési kockázatra lehet számítani a rosszabb vízellátottság miatt.

A növénytermesztés fő célja a magas terméshozam elérése. Ennek érdekében olyan térségekben, ahol megbomlik a vízigény és a vízellátás egyensúlya, időnként szükségessé válhat a mesterséges vízpótlás. Ezért a növénytermesztés két lehetőséget kínál. Az egyik lehetőség az, hogy a termesztett növények alkalmazkodnak a rendelkezésre álló természetes vízmennyiséghez, míg a másik lehetőség az, hogy mesterségesen pótoljuk a vízhiányt a növények igényei szerint.

Az öntözhető területek növekedése a 19. században indult meg dinamikusan. A század elején a világban összesen mintegy 8 millió hektárnyi terület volt öntözhető. A század végére ez a terület már 40 millió hektárra nőtt. A 20. században tovább folytatódott az öntözött területek növekedése, és napjainkra már meghaladja a 255 millió hektárt. Fontos megjegyezni, hogy az öntözhető területek növekedési üteme lassult, mivel a könnyen öntözhető területeken ezt a feladatot már sikerrel megoldották. A kevésbé kedvező természeti körülményekkel rendelkező területeket jóval nehezebb és költségesebb öntözni.

Az öntözött területek térbeli eloszlását jelentősen befolyásolják az éghajlati tényezők és a természetes vízellátottság. Az éghajlati övezetek alapján az öntözött területeket a következő kategóriákra lehet osztani:

* Azokon a területeken és országokban, ahol a száraz éghajlat vagy csak nagyon korlátozottan teszi lehetővé a növénytermesztést öntözés nélkül, az öntözés elengedhetetlen a mezőgazdasági termelés számára. Ilyen területek és országok közé tartoznak például Pakisztán, Üzbegisztán, Irak, Irán jelentős része, Izrael, Észak-Afrika arab országai és Egyiptom. Ezekben a területeken az öntözött területek nagyon magas részarányt képviselnek. Például Pakisztánban az öntözött területek aránya eléri a 80%-ot, Üzbegisztánban 89%-ot, míg Egyiptomban 100%-ot.
* Azok a területek és országok, ahol az év jelentős részében lehetőség van növénytermesztésre öntözés nélkül, de a nagyobb hozamok elérése érdekében kiegészítő öntözésre van szükség. Az öntözésbe vont területek nagy része ebbe a kategóriába tartozik. Ilyen területek közé tartoznak például a trópusi éghajlatú területeken Mianmar és Vietnám szárazabb vidékei, Kínában Hszincsing tartomány, a thaiföldi Chao-Praya vidéke, Európa bizonyos részei, Ausztrália, az Amerikai Egyesült Államok Kalifornia mediterrán és egyes mérsékelt éghajlatú területei is. Az öntözés itt hozzájárul a termelés növeléséhez és a megbízhatóbb mezőgazdasági termeléshez.
* Azok a területek és országok, ahol a természetes vízellátottság lehetővé teszi az évi legalább egyszeri biztonságos termés betakarítását, de az egyéb kedvező éghajlati tényezők (magas napsütéses idő, hőellátottság) teljes mértékű kihasználásához öntözésre van szükség. Ezekben a térségekben előfordulhat, hogy néhány területen a növényeknek kétszer vagy akár háromszor is lehetőség nyílik a termények betakarítására. Azonban ehhez szigorú és körültekintő földgazdálkodásra van szükség. Ide tartoznak azok a területek és országok, amelyekre főként a monszun éghajlat jellemző, mint például Kína délkeleti tartományai, Banglades, Fülöp-szigetek és Srí Lanka nedvesebb éghajlatú vidékei.

Az öntözőrendszerek kiépítése és az öntözési technológia fejlesztése napjainkban igen tőkeigényes folyamat. Ennek eredményeként általában csak olyan országok tudják saját forrásaikból biztosítani a szükséges tőkét az öntözőrendszerek kiépítéséhez, amelyek gazdagok nyersanyagokban, különösen olajban. Tőkehiányos országok esetében, például India, Pakisztán, Banglades és egyes afrikai országok esetében, a nagyobb méretű beruházásokhoz jelentős nemzetközi együttműködésre, például az ENSZ és az FAO segítségére van szükség.

A mezőgazdasági termelés, főként a növénytermesztés, nagy részben a természetes csapadékra támaszkodik a vízigény kielégítéséhez.

Az éves csapadék mennyisége, intenzitása és halmazállapota számos tényezőtől függ. Ezek közé tartozik a földrajzi szélesség, a távolság a tengertől, a tengerszint feletti magasság, a felszíndomborzat, a lejtés iránya (luv, vagyis a csapadéknak kitett területek és lee, azaz a szélárnyékos területek; déli lejtők esetén pozitív hőmérsékleti hatás, míg északi lejtők esetén negatív hőmérsékleti hatás), a felszín anyagi és alaki tulajdonságai, valamint az uralkodó szélirány.

A lehullott csapadék mennyisége önmagában még nem határozza meg a mezőgazdasági termelés feltételeit. Ennek hatása szorosan összefügg a hőmérséklettel. Magas hőmérséklet esetén a lehullott csapadék gyorsabban párolog, mint alacsony hőmérsékleten. Ennek eredményeként a magas hőmérséklet mellett lehullott csapadék kevésbé hatékonyan hasznosítható a mezőgazdaságban. Például Dél-Ukrajnában az éves 500 mm-es csapadékmennyiség alig elegendő a növények vízigényének kielégítéséhez, míg Nyugat-Szibériában ugyanaz a mennyiség már vízbőséget eredményez. Ennek oka, hogy a magasabb évi középhőmérséklet mellett általában több csapadék szükséges a mezőgazdasági termeléshez, míg alacsonyabb hőmérséklet mellett kevesebb. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy az egyes növények vízigényét a termés mennyisége, valamint a hőmérséklet, a fényviszonyok és a talajminőség is befolyásolják.

A csapadék mennyisége jelentős hatással van a mezőgazdasági hozamokra. Területek, ahol több csapadék esik, általában kedvezőbb feltételeket kínálnak a mezőgazdasági termeléshez, mivel kisebb költségekkel nagyobb terméseket lehet elérni. A mezőgazdasági termelés szempontjából az éves csapadék mennyisége mellett az eloszlása is fontos tényező. Ennek oka, hogy a növények vízigénye a fenofázisok előrehaladtával változik és növekszik. A növények a legtöbb vizet az erőteljes növekedés és a virágzási időszak során igénylik leginkább, például a gabonafélék a bokrosodástól a kalászképződésig.

A mérsékelt övezetben általában a nyári hónapokban, a legmelegebb időszakban hull a legtöbb csapadék, míg a téli hónapokban kevesebb. A téli csapadék mennyisége tavasszal fontos a talajban tárolt vízkészlet szempontjából, mivel ez az időszak, amikor a növények aktív növekedésbe kezdenek. Ennek eredményeként a tavaszi és nyári kezdetű csapadékhiány kockázatos lehet, mivel a vegetáció ekkor a legintenzívebb.

Emellett a mérsékelt övezetben a nyári csapadék hiánya, vagyis az aszály is súlyos következményekkel járhat, például terméskiesést és alacsonyabb hozamokat eredményezhet. A mediterrán övezetben a rendszertelen és kevés nyári csapadék miatt vízhiány jelentkezhet, ami komoly mezőgazdasági kockázatot jelen. A mérsékelt övezetben a csapadék általában egyenletesen oszlik el, bár megfigyelhető egy markáns nyári csapadékmaximum. Trópusi övezetekben pedig az esőzések periódusokban érkeznek, ami két vagy egy évszakonként változhat.

A Föld megművelt területeinek jelentős részén a különböző növényi kultúrák vízszükséglete nem mindenhol kielégíthető. Mintegy a kontinensek területének negyedét teszik ki száraz, félsivatagi vagy sivatagi területek. Ezek a területek vízhiány miatt nem alkalmasak mezőgazdasági termelésre, vagy csak korlátozott mértékben, általában extenzív módon lehet ott mezőgazdaságot folytatni.

A száraz éghajlatú területeken a párolgás mértéke állandóan vagy tartósan meghaladja a lehullott csapadék mennyiségét, ami azt eredményezi, hogy a vízháztartás mérlege negatív. A csapadékhiánnyal jellemezhető szárazsági határ jelentős ingadozásokat mutathat. A területeken, ahol kedvező talajadottságok és alacsony párolgás van, a csapadékvíz megfelelő visszatartása és a talajban történő raktározása lehetővé teszi a mezőgazdasági termelést akár 250-300 mm éves csapadékmennyiség mellett is.

A Föld megművelt területeinek jelentős részén a különböző növényi kultúrák vízszükséglete nem mindenhol kielégíthető. Mintegy a kontinensek területének negyedét teszik ki száraz, félsivatagi vagy sivatagi területek. Ezek a területek vízhiány miatt nem alkalmasak mezőgazdasági termelésre, vagy csak korlátozott mértékben, általában extenzív módon lehet ott mezőgazdaságot folytatni.

A száraz éghajlatú területeken a párolgás mértéke állandóan vagy tartósan meghaladja a lehullott csapadék mennyiségét, ami azt eredményezi, hogy a vízháztartás mérlege negatív. A csapadékhiánnyal jellemezhető szárazsági határ jelentős ingadozásokat mutathat. A területeken, ahol kedvező talajadottságok és alacsony párolgás van, a csapadékvíz megfelelő visszatartása és a talajban történő raktározása lehetővé teszi a mezőgazdasági termelést akár 250-300 mm éves csapadékmennyiség mellett is.

Ugyanakkor a trópusi övezet határterületein, ahol jelentős párolgás és hosszú száraz évszak van, a termeszthetőség akár 1000 mm éves csapadékmennyiség mellett is jelentős kockázatot jelenthet. Összességében a mezőgazdasági termelés legfőbb korlátja nem az éves csapadékmennyiség mennyisége, hanem annak hiánya.

## Vízgazdálkodás

Mindennapjaink szerves része a víz mely. Az emberi test megközelítőleg 70 százalékban vízből áll. A víz létfontosságú szerepet játszik mindennapi életünkben, mivel olyan kulcsfontosságú szerepet tölt be, amely a testünk egyensúlyának fenntartásához elengedhetetlen. Naponta, átlagosan körülbelül 2 liter víz elfogyasztása szükséges annak érdekében, hogy testünk megőrizze ezt az egyensúlyt. A víz nem csupán a szomjúság csillapítására szolgál, hanem részt vesz a testhőmérséklet szabályozásában, a tápanyagok szállításában a sejtekbe, a méreganyagok eltávolításában és még számos más fontos biológiai folyamatban. A megfelelő mennyiségű vízfogyasztás kritikus az egészség fenntartásához. Ha nem vagyunk elégségesen hidratáltak, akkor számos probléma léphet fel, beleértve a fejfájást, a száraz bőrt, a koncentrációs nehézségeket és az emésztési problémákat. Ezért fontos, hogy figyeljünk arra, hogy elegendő vizet igyunk naponta.

A víz az élet alapja, és gondoskodnunk kell róla, hogy elegendő mennyiségben juttassuk a szervezetünkbe, hogy testünk megfelelően működhessen, és egészségünk megőrizhessük.

Az emberi jogok, különösen az élelemhez való jog és a tiszta ivóvízhez való hozzáférés, az emberi méltóság és jólét alapvető szempontjai. Az Emberi Jogok Egyetemes Nyilatkozata 1948-ban elismerésre került, és azóta több mint 150 állam fogadta el hatályos jogi kötelezettségként. Az ENSZ 2010 óta már kifejezetten az emberi jogok részeként ismeri el a tiszta ivóvízhez és a szennyvízhálózathoz való hozzáférést.

Azonban a valóság azt mutatja, hogy még mindig sok ember szenved az élelmiszer- és vízhiány miatt. Az élelmiszerhiány és az éhezés a világ számos területén komoly probléma, miközben a vízhiány is egyre nő. A klímaváltozás, a szennyezés és az erőforrások korlátozott rendelkezésre állása mind hozzájárulnak ehhez a problémához.

Az élelemhez való jog és a tiszta ivóvízhez való hozzáférés minden ember alapvető joga, és a nemzetközi közösségnek, államoknak és civil szervezeteknek együtt kell működniük annak érdekében, hogy megoldásokat találjanak ezekre a kihívásokra. Az élelmiszer- és vízellátás javítása az emberi jogok védelmének és támogatásának része kell lennie, hogy mindenki méltó életminőséget élhessen.

# Az információs kommunikációs technológiai (IKT) szektorok átlagos vízhasználata

Az információs kommunikációs technológia (IKT) szektorban hatalmas növekedést prognosztizálnak a következő évekre. 2023-ra jelentősen megnő a világ lakosságának száma, amelynek hozzáférése van az internethez, elérve a 5,3 milliárd főt. Míg 2015-ben még csak 3,9 milliárd ember rendelkezett ilyen hozzáféréssel. Ezen túlmenően az internethez csatlakoztatott eszközök száma is meredeken nő. A 2018-as 18,4 milliárdról 2023-ra elérheti a 29,3 milliárdot. Az elérhető hozzáférési sebességek is szinte megkétszereződnek 2018 és 2023 között, az átlagos globális sebesség pedig eléri a 110 Mbps-t.

Ezek az óriási internetkapacitást igénylő rendszerek és felhasználók jelentős mennyiségű szervert igényelnek a szolgáltatáshoz. Ezek a szerverek adatközpontokban találhatók, amelyek stabil áramellátást, hatékony hűtést és megbízható internet-hozzáférést biztosítanak. A szerverek mintegy 40%-a kisebb méretű adatközpontokban helyezkedik el, mint például irodai szekrények, de az újabb létesítmények már "hiperskálás" raktárak, amelyek több százezer négyzetméteresek, és a legnagyobb három felhőszolgáltató (Amazon Web Services, Google Cloud Platform, Microsoft Azure) üzemelteti ezeket.

Az adatközpontok energiafogyasztása rendszeresen nagy figyelmet kap az akadémiai és a mainstream média részéről. Annak ellenére, hogy az IKT szektor a legnagyobb megújuló energiát vásárló iparágak közé tartozik, az adatközpontok teljes energiafogyasztása kapcsán még mindig jelentős bizonytalanságok vannak. A 2018-as becslések szerint az éves energiafogyasztás 200 és 500 terawattóra (TWh) között mozog. Néhány radikálisabb elemzés akár azt is sugallja, hogy az energiafogyasztás 2030-ra akár négyszeresére is nőhet, míg más becslések szerint az energiafogyasztás növekedése lelassulhat. Mindazonáltal, függetlenül a pontos számoktól, az adatközpontok energiafogyasztása széles körű közérdeklődést kelt.

A hidroenergiai rendszerek jelentős mennyiségű vizet használnak fel, bár tisztább energiatermelési forrásnak számítanak. Különösen száraz területeken és olyan helyeken, ahol nem történik vízvisszapumpálás a tározókba vagy továbbítás az alacsonyabban fekvő területek felé, ahol jelentős a vízigény. Az Egyesült Államokban például az hidroenergia átlagos vízfogyasztása 16,8 liter kilowattóra alapján, ami jóval magasabb, mint a hőerőtermelés 1,25 L/kWh vízfogyasztása. Az energiatermelés átállása a megújuló energiára, különösen a nap- és szélenergiára, kulcsfontosságú a vízintenzitás és a környezeti hatások csökkentése szempontjából. Becslések szerint az átállás az Egyesült Királyságban, az USA-ban, Németországban, Ausztráliában és Indiában 2030-ig akár 50%-kal is csökkentheti a vízfelvételt az energiatermelés során.

A globális vízellátás és annak minősége aggodalmakat kelt a növekvő népesség és gazdasági fejlődés miatt. A vízigény 2000 és 2050 között akár 55%-kal is nőhet. Legfőként az iparban, hőerőtermelésben és háztartásokban. Az információs kommunikációs technológia (IKT) szektor is növekvő vízigényt generál, különösen az adatközpontok hűtése és működtetése során. Az együttműködés és fenntartható gyakorlatok bevezetése elengedhetetlen annak érdekében, hogy hatékonyan kezeljük ezt az értékes erőforrást és fenntartsuk jövőnk fenntarthatóságát.

Google és a Microsoft jelentős mennyiségű vizet használt fel 2018-ban. A Google 15,8 milliárd liter vizet használt, ami már önmagában is növekedést mutat az előző év 11,4 milliárd literes adathoz képest. Hasonlóképpen, a Microsoft is komoly emelkedést regisztrált, 3,6 milliárd liter vizet használt fel 2018-ban, míg az előző évben 1,9 milliárd liter volt az arány. Ezen vízfogyasztás egy része irodai tevékenységekkel kapcsolatos, de az adatközpontok is jelentős mennyiségű vizet igényelnek a hűtéshez és más folyamatokhoz.

Az IKT-felszerelés hőt termel, ezért a legtöbb eszköznek hűtő mechanizmusra van szüksége a hőmérséklet kezeléséhez. A hűvös levegőt a forró fém felett vezetve a hőenergiát azon levegőnek adja át, amelyet aztán a környezetbe engednek ki. Ugyanez a folyamat zajlik az adatközpontokban is, csak nagyobb méretben. Az IKT-felszerelés egy teremben vagy teremekben található. Ahogy emelkedik a hőmérséklet, a felszerelés meghibásodási aránya is nő, bár nem feltétlenül lineárisan. Az adatközpontok hűtésére többféle mechanizmus létezik, de az általános megközelítés a hűtők használata. Ezek a berendezések hűtővíz segítségével hűtik a levegő hőmérsékletét általában 7-10 °C-ra, majd a vizet hőátadási mechanizmusként használják. Néhány adatközpont hűtőtornyokat használ, ahol a külső levegő nedves közeg mentén halad, így a víz elpárolog. A ventilátorok kihajtják a meleg, nedves levegőt, és a lehűlt vizet újra keringetik. Más adatközpontok adiabatikus gazdaságosságot alkalmaznak, ahol a víz közvetlenül a levegő áramlásába vagy egy hőcserélő felületre permetezve hűti le a bejövő levegőt. Mindkét technika esetén az elpárolgás vízveszteséget eredményez. Egy kis 1 MW-os adatközpont, amelyik valamelyik hagyományos hűtési típust használja, körülbelül 25,5 millió liter vizet használhat fel évente. A víz hűtése az energiafogyasztás fő forrása.

Ezen vízigények mérésére két fő kritériumot alkalmaznak: vízfogyasztás és vízfelvétel. A vízfogyasztás az elveszett vizet jelenti, amely általában párolgás útján történik, tehát a víz eltűnik a rendszerből. A vízfelvétel során víz kerül kivételre egy forrásból, például természetes felszíni vizekből, felszín alatti vizekből, újrahasznált vízből vagy kezelt ivóvízből. Fontos megjegyezni, hogy a felvett víz később visszakerülhet ugyanarra a forrásra, ahol eredetileg kivették. Ezzel a megközelítéssel lehetőség van a víz hatékony újrafelhasználására és fenntartható vízgazdálkodásra.

Az Amerikai Egyesült Államok teljes vízfogyasztása 2015-ben összesen 1218 milliárd liter volt. Ebből a hőerőművek 503 milliárd liter vizet használtak fel az energiatermeléshez. Az öntözéshez 446 milliárd liter vizre volt szükség a mezőgazdaságban, hogy a termőföldeket megfelelően öntözzék. Emellett mindennap 147 milliárd liter ivóvíz ment el az Egyesült Államok lakosságának 87%-ának ivóvízellátására. Az IKT szektor hatása tehát komoly a vízgazdálkodásra és a fenntartható erőforrás-felhasználásra. A jövő kihívása az, hogy az IKT szektor és az ipari szereplők hogyan csökkenthetik környezeti lábnyomukat és hatékonyabban használhatják az energiát és a vizet. Az innováció és a fenntartható gyakorlatok előmozdítása elengedhetetlen ahhoz, hogy a növekvő technológiai igényekkel és az erőforrások véges rendelkezésre állásával összeegyeztethető jövőt alakítsunk ki.

# Virtuális víz

A vízhiányos területek minimalizálhatják vízfelhasználásukat azáltal, hogy árucikkeket importálnak más, több vízzel megáldott területekről vagy országokból. Ezen árucikkek előállításához nagy mennyiségű vízre van szükség. Ilyen termékek lehetnek az élelmiszerek vagy pedig az elektromos energia. A fogadó területek nemcsak az árucikkeket kapják meg, hanem azok előállításához szükséges vizet is. Mivel ez a víz "virtuálisan" beépül az árucikkbe, ezt virtuális víznek nevezzük. A virtuális víz koncepciója azt vizsgálja, hogy mennyi víz van beépítve egy olyan terménybe, amelyet nemzetközileg lehet vásárolni, és összehasonlítja ezt azzal a mennyiségű vízzel, amelyre szükség lenne ugyanezen termény hazai termeléséhez. Például minden kilogramm importált búza a vízhiányos ország körülbelül 1 m3 (1000 l) virtuális vizet is kap, sokkal kisebb költséggel, mint az ugyanolyan mennyiségű vizet a helyi vízkészletekből (Allan, 1999b). Ezért az importált termények virtuális víztartalma lehetőséget teremt arra, hogy gazdaságosan és környezetbarát módon szerezzenek be alapvető élelmiszereket és más vízigényes termékeket.

A sok víz felhasználása csak azért, hogy az önellátás érzését kielégítsük az élelmiszertermelésben, gazdaságilag nem hatékony, ha ezeket az élelmiszereket olcsóbban lehet importálni vízben gazdag országokból. Az élelmiszerekbe és más árucikkekbe ágyazott virtuális víz importálása gazdaságilag és politikailag jó megoldás lehet, és valószínűleg a legegyszerűbb módja annak, hogy békés megoldást találjunk a vízügyi konfliktusokra. Ahogy a gazdaságok és a kereskedelem egyre inkább globálissá válik, az élelmiszerek globális mozgása a vízben gazdag országokból a vízszegény országokba ugyanúgy megvalósítható lesz. Egyes országok, például Izrael, sikerrel alkalmazták a virtuális víz stratégiát a fenntartható vízgazdálkodás érdekében. Izrael, bár súlyos vízhiánnyal küzd, a virtuális víz importjával és hatékony öntözési rendszerekkel egyensúlyozza vízköltségvetését

Hasonló tendencia figyelhető meg már évtizedek óta az olajkereskedelemben is. Az olajtermékek ilyen módon kerülnek mozgatásra. Olajban gazdag országokból mint például Szaúd-Arábia vagy az Egyesült Arab Emírségek, olyan országokba ahol nem rendelkeznek olajjal. A helyi vízkészletek virtuális víz importálásával történő megtakarításának más lehetőségei közé tartozik az elektromos energia behozatala olyan területekről, ahol bőséges víz áll rendelkezésre a hőerőművek hűtésére, a vízenergia-termelésre szolgáló gátakkal, vagy a hűtéshez óceánvizet szolgáltató tengerparti területekkel.

A virtuális víz koncepciója hasznos lehet a nemzetközi ökológiai jelentőségű vizes élőhelyek védelmében is a több öntözővíz előállítása érdekében történő vízkivonások és kiszáradás ellen, mint például a szudáni Sudd vizes élőhelyek és a botswanai Okovanggo medence.

Ezenkívül a virtuális víz kereskedelmét nemzetközi szinten is kezelni kell, hogy ne váljon politikai fegyverré. Az ellenőrzés és a koordináció növelheti az együttműködést a vízhiányos és vízben gazdag régiók között.

A jövőben a virtuális vízexport főként bizonyos régiókra összpontosul. Összességében a virtuális zöld (talajnedvesség) víz és a virtuális kék (megújuló és nem megújuló) víz export megháromszorozódik a 2010-es 905 milliárd m3 és 56 milliárd m3-ról, meghaladva a 3200 milliárd m3-t és 170 milliárd m3-t a század végére, a népességnövekedés és a kereslet emelkedése következtében. A virtuális vízexport becsült értékeinek bizonytalanságai növekednek a klímahatások különbségei miatt, amelyeket a globális keringési modellek a RCP6.0 forgatókönyvére szimulálnak.

Napjainkban leggyakoribb globálisan kereskedett víz nagy része zöld víz vagy megújuló kék víz. Viszont legújabb tanulmányok azt mutatják, hogy növekszik a mély víztározókból származó nem megújuló talajvíz kitermelése olyan növények termesztéséhez, amelyeket aztán nemzetközileg kereskednek. A nem megújuló talajvíz további kimerülése és túlfogyasztása jelentős negatív hatásokkal jár mind regionálisan, mind globálisan, ideértve, de nem kizárólagosan, a talaj süllyedését, végül a tengerszint emelkedését és a vízminőség romlását.

A virtuális zöld víz kereskedelem jelentős része 2010-ben az olajos növényekkel (pl. szójabab) van összefüggésben. A kukorica, a búza és az olajos növények termelésének növekedése jelentős virtuális zöld exportnövekedéshez vezet 2100-ig. Ezen a három termények a jelenlegi virtuális zöld vízkereskedelem legnagyobb részét és a termeléshez szükséges legmagasabb zöld és kék víz arányt képviselik. Afrika, Európa és India a virtuális zöld víz legnagyobb importőrei.

A jövőben a virtuális kék víz kereskedelem jelentős változásokat mutat Kínában, Pakisztánban, Indiában és a Közel-Keleten, ahogy a víz az öntözéshez való hozzáférés csökken, és a népesség alakul az évszázad során. 2100-ra Kína a virtuális vízexport jelentős forrásává válik, főként búza és rizstermékek kereskedelmével. Érdekes módon Kína a jelenlegi importőrből exportőré válik a jövőben, mivel 2030 után csökken a növekedési ütem, és végül ez a népességcsökkenéshez vezet. A csökkent belföldi igények lehetővé teszik a felesleges termelés teljes felhasználását a nemzetközi mezőgazdasági igények kielégítésére. Az afrikai régiókban ellentétes hatás figyelhető meg. Mivel a népesség gyors növekedése növekvő keresletet eredményez, ami a hazai termelés által nem elégíthető ki. Az Egyesült Államok további jelentős forrása a jövőbeli virtuális kék exportnak. Legfőként a kukorica, rostok és olajos növények kereskedelmével, egyidejűleg csak vegyes növényeket (MiscCrops, például gyümölcs, zöldség, dió) importálnak.

A század első felében, ahogy a népesség növekedése folytatódik, és az export vízintenzív területekről, például a Közel-Keletből, Pakisztánból és Indiából származik, addig a század végére az export olyan vízgazdag területekről érkezik, amelyek kisebb mennyiségű vizet igényelnek a termesztéshez. Ez a globális élelmiszertermelés eltolódása a keresletváltozások, vízhiány változások és talajvíz kimerülésének következménye, amelyek együttesen azt eredményezik, hogy a hazai termelésből származó igényeket egyedül nem lehet kielégíteni.

Graham és mtsai. (2020) eredményeik alapján az újra nem megújuló talajvíz virtuális kereskedelme az évszázad közepéig ötszörös növekedést mutat, az évszázad végére pedig az 2010-es érték duplájára emelkedik. Az újra nem megújuló talajvíz exportja a nemzetközi igények kielégítése érdekében néhány fő régióra összpontosul: az Egyesült Államok, Mexikó, Dél-Amerika nyugati része és Észak-Afrika. Időskálánként a vízszegény területek az évszázad elején exportálják az újra nem megújuló talajvizet, de ezt a század középe után megszüntetik, ahogy a kereslet változik, és a talajvíz kimerülése súlyosbodik.

Az újra nem megújuló talajvíz virtuális exportjának követése az idő múlásával fontos fejlődést mutat be. Szaúd-Arábia és az Indus-folyó medence medencéi jelentős mennyiségű vizet exportálnak 2050-ben, de nem járulnak hozzá a globális újra nem megújuló talajvíz exportjához 2100-ban. Ez azért van, mert az első felében történő kitermelés a nagy földalatti víztározókból Szaúd-Arábiában és Indiában azt eredményezi, hogy a további szivattyúzás fenntartása túl költségessé válik ezekben a régiókban.

Graham és mtsai. (2020) tanulmányára támaszkodva amely csak a mezőgazdasági termények termesztéséhez felhasznált vizet vizsgálta, és bár a kék víz fogyasztásának közel 90%-a agrár célokra szolgál, az energia és ipari termékek is széles körben kereskednek a világpiacokon. Fontos megérteni az ilyen különböző szektorok közötti nemzetközi kereskedelem dinamikáját, valamint azt, hogy ezek hogyan változhatnak a jövőben. A tanulmány kiemeli, hogy a jövőbeli kereskedelmi változások becslése nem egyszerű feladat, és különböző éghajlati és szociokulturális feltételeken alapuló becslések széles skáláját hozhatják létre a lehetséges kereskedelmi fejlődési útvonalaknak. Emellett hangsúlyozza, hogy bár a vizsgált forgatókönyvek egyike a szociokulturális (SSP2), és az egyik klímaváltozási forgatókönyv (RCP6.0) volt csupán, fontos, hogy a jövőbeli kutatások figyelembe vegyék a VWT (virtual water trade) hálózat változásait, amelyek különböző szociokulturális és klímaváltozási feltételekből erednek, és amelyek valószínűleg egy sokféle lehetséges eredményeket generáló nagyobb skálát mutatnak majd.