**„Már nem tudjuk visszafordítani ezeket a folyamatokat, a civilizációnk néhány évtizeden belül összeomlik”**

[Balavány György](https://24.hu/author/balavanygyorgy/), 24.hu,  2022. 06. 10.

<https://24.hu/belfold/2022/06/10/nyersanyagok-globalis-krizis-klimavaltozas-gelencser-andras-interju/>

**A folyamatban lévő fenntartható technológiaváltás valójában nem fenntartható, mert nincs meg a nyersanyag-fedezete. Így ahelyett, hogy segítene, gyorsítja a rendszer összeomlását. Az elektromos autó, a nap- és szélerőmű zsákutca, akár a bioetanol. Ráadásul végképp kifogynak az élelmiszerkészleteink, miközben a klímaváltozás már nem megállítható. Gelencsér András vegyész-légkörkutató, a Pannon Egyetem rektora szerint még mindig mítoszokkal és politikai lózungokkal áltatjuk magunkat, miközben a valóság az, hogy elkéstünk: a civilizációnk a túlfogyasztás miatt elkerülhetetlenül összeomlik néhány évtizeden belül.**

***Szinte minden életfeltételünkkel kapcsolatban azt halljuk, hogy válságban van: nyakunkon az energiaválság, a vízválság, a nyersanyagválság, a klímaválság. A 2010-es évek második fele óta masszív krízishangulatban élünk, és ez egyre fokozódik. Ön vegyészként és légkörkutatóként általában nem túl optimista jövőképet vázol fel…***

A tudománynak nem az a dolga, hogy optimista vagy pesszimista legyen, hanem az, hogy világossá tegye a tényeket. Egyébként az úgynevezett klímapánik már a 2000-es évek elején beköszöntött: a 2003-as európai [hőhullám](https://24.hu/belfold/2004/06/02/iden_nyaron_lesz_h_337/) rázta fel először a közvéleményt, mert annak nagyon sok halálos áldozata volt. 2008-ra megérkezett a pénzügyi válság, aztán a migrációs válság, de az sem választható el a klímaváltozástól, mert a nagy migrációs hullámhoz vezető folyamatok a 2000-es évek elején már megkezdődtek a Közel-Keletet sújtó rekordmértékű [aszály](https://24.hu/kulfold/2021/12/27/kozel-kelet-vizhiany-iran-aszaly-konfliktusok/) és a terméskiesés miatt.

***A 2015-ös migrációs krízis után jött a Covid, most meg a háború. És ennek nyomában a totális válság, amelyben nagy döbbenetünkre minden baj összeadódik.***

Ezt az eszkalációt a tudomány már előre látta. Ha nincs is ez a háború, egy bő évtizeden belül a nyersanyaghiány akkor is utolért volna minket. Mit nem tudtunk? Miért vagyunk megdöbbenve? Tudtuk, hogy az erőforrások egyenlőtlenül vannak elosztva, hogy egyre rosszabb minőségű ásványkincseket tudunk egyre nagyobb ráfordítással kitermelni, miközben egyre több kellene belőlük; főleg a csillagháborús fejlesztési tervekhez, amelyekkel sem a kitermelés, sem a logisztika nem tudja tartani a lépést.

Amikor arról beszélünk, hogy klímaválság van, Covid-válság van, háborús válság van, gazdasági válság van, többnyire elfelejtjük, hogy ezek ugyanannak a globális válságnak a különböző megjelenési formái.

Mint egy gyógyíthatatlan rákos betegség: a rák az alapprobléma, az pedig már csak a következmény, hogy hol jelenik meg éppen egy áttét.

***Tehát nem úgy néz ki a dolog, hogy ha legalább az egyiket megoldjuk, akkor megmenekültünk.***

Nem, ráadásul még egyiket sem oldottuk meg. Többnyire a válság egy új formája írja felül az előzőt, és akkor az már kevésbé lesz fontos a köztudatban. A migrációs válságot megnyugtatóan megoldottuk? Vagy a terrorizmust, a klímaproblémát, a járványokat?

***A legégetőbb kérdés most a nagypolitikában, hogy milyen***[***alternatív forrásból***](https://24.hu/fn/gazdasag/2022/05/18/eu-csomag-orosz-energiafuggoseg/)***szerezzünk gázt, kőolajat, valamint milyen más úton jussunk azokhoz az élelmiszerekhez és nyersanyagokhoz, amelyek fő***[***exportőre***](https://24.hu/fn/gazdasag/2022/03/28/haboru-22-szazalekkal-megemelhetnek-globalis-elelmiszerarak/)***Oroszország, vagy épp***[***Ukrajna.***](https://24.hu/fn/gazdasag/2022/05/19/ukran-gabonatermes-fele-lesz-tavalyinak-buza-aremelkedes/)***Sokak szerint eljött az idő, hogy átálljunk fenntartható és megújuló energiára. Végtére is épp elég energiát sugároz a Nap, minek nekünk kőolaj?***

Ekkora rendszert nem lehet gyorsan átalakítani. Ráadásul nagyon kihegyeztük az erőforrásokat. Mindenhol a „just-in-time” szemlélet uralkodott el, a cégek minden tevékenységet a logisztika mitikus tévedhetetlenségére alapoztak. Annyira optimalizálták a költséget a profit érdekében, hogy minden biztonsági tartalékot elhagytak. Abban bíztak, hogy a rendszer hiba nélkül, az örökkévalóságig fog működni. Először a Covid kapcsolta be az ébresztőt, amikor a logisztika egyszer csak elakadt, mert a kínaiak zártak, a konténerek nem jöttek, meg keresztbe állt a teherhajó a [Suezi-csatornán.](https://24.hu/kulfold/2021/03/25/hetekre-leallhat-a-forgalom-a-szuezi-csatornaban-a-keresztbe-fordult-hajo-miatt/" \t "_blank)

***És megmutatta a rendszer, hogy mennyire sérülékeny.***

Igen, de a Covid mégsem szüntetett meg fizikailag infrastruktúrát. Lecsengett a járvány, visszamentek az alkalmazottak a gyárakba dolgozni. A háború viszont nagyon komoly erőforrásokat semmisít meg. Gondoljon bele, lebombázták Európa egyik legnagyobb acélgyárát Mariupolban, és nincs tartalék. Évekre előre megvoltak a rendelései a gyárnak, le voltak kötve ezek a kapacitások, és ezek most évekig nem fognak rendelkezésre állni.

***Ráadásul több millió tonna***[***gabonáról***](https://24.hu/kulfold/2022/05/01/orosz-ukran-haboru-percrol-percre-majus-1-elo-putyin-zelenszkij/)***is beszélünk.***

Persze, a háború az élelmiszert is érinti, de a tömegáruk termelését is. Lehetne elvileg valamilyen helyettesítő módszerben gondolkodni, de ez nem megy egyik napról a másikra, és óriási költség- és erőforrás-vonzata volna. Persze, Indiában még van az acélgyáraknak kapacitása. Csak hát India jóval arrébb van, és az acél elég nehéz.

***Ráadásul van egy csomó elektronikai eszköz, ami kell az életünkhöz, hiszen gyors adatáramlás nélkül nem működhet a civilizáció…***

Pedig ezek beszerzése is egyre nehezebb lesz, már most is akadozik. A bajt tetézi, hogy fogytán van a homok, nem lesz elég az épületek, ipari létesítmények, utak létrehozásához. És ez nem a távoli jövőben fog megtörténni, ez már most is probléma.

***Nincs elég homok a Szaharában?***

Dehogynincs, csak az nem jó semmire. A betonozáshoz folyami homok kell, amit a víz koptatott, mert a folyami homok szemcséinek olyan az alakja, hogy a betonnak megfelelő szilárdságot biztosít. A szaharai homokot a szél koptatta, legömbölyített, nem használható a belőle készült beton. Ezért volt az, hogy amikor Dubajban építettek egy mesterséges szigetet felhőkarcolókkal, és kellett a sok beton, nem a szomszédos sivatagból szedték ki a homokot, hanem Ausztráliából szállítottak oda százötvenmillió tonnát, hajókon.

***De a chipekhez nem kell sok homok, azok kicsik…***

A félvezetőgyártás ilyen értelemben inkább kémiai történet, ott a szilíciumot a kvarcból lehet megfelelő tisztaságban előállítani, és ez nem áll rendelkezésre mindenhol. A szennyezettség miatt nagyságrendekkel több technológiai lépésre van szükség.

Ezek a technológiák egymásra vannak utalva, és ha a szisztéma bármelyik elemét kivesszük, az egész borul. Nem tudok áttérni másfajta erőműre, ha nem tudok betonozni.

És ha nem tudok betonozni, akkor nem tudok gyárat építeni, sem acélt gyártani, tehát a civilizáció működésben tartásához szükséges technológiák összeomlanak, és nincs helyettük másik. Ha nem tudok betonozni, nem tudok felállítani egy szélkereket sem. Ráadásul az egész modern civilizáció villamos energiával működik, és ez annyira kiszolgáltatottá és sérülékennyé teszi, hogy globális és tartós áramszünet esetén gyakorlatilag rövid időn belül összeomlana. Ha csak a Facebook lefagy egy pár órára, már az több milliárd dolláros kárt okoz.

***Mi a helyzet a megújuló energiával?***

El kell, hogy oszlassak egy mítoszt: megújuló energiaforrás nincs. Persze, a primer energiaforrás maga megújuló, mert a szél fúj, a nap süt. De a napból nem a számunkra hasznos formájú energia jön, azt át kell alakítanunk. A busmanoknak megfelel a nap úgy, ahogy van, de nekik nem kell áramot termelni; valóban fenntartható módon élnek, vadásznak, meg gyűjtögetnek, és elvannak azzal az energiával, ami a napból érkezik: a növények hasznosítják, ők meg begyűjtik. De nem tud és nem is akar visszatérni ehhez az életformához közel nyolcmilliárd ember.

***De ha az energetikai átmenet azt jelentené, hogy a fosszilis erőművek helyett fotovoltaikusak lesznek…***

Az elektromos áram előállítása akkor sem megújuló formában történik. A napelem nem energiaforrás, abban nulla energia van. Ráadásul 20-30 évig működik jobb esetben, utána már olyan kémiai átalakulást szenved, hogy nagyon nagy ráfordítással lehet csak újrahasznosítani az alkotórészeit. Ha 25 évig működik egy napelem, akkor az első hat évben csak azt az energiát termeli vissza, amit a gyártása során elhasználtak. És annak az energiának a nagy része, amit a napelem gyártásába be kell fektetnünk, szintén fosszilis. Szóval bezárult a kör. A kelenföldi kapcsolt hőerőmű, ami hőenergiát és villamosenergiát állít elő, 500 megawattot termel. Ha ezt napelemmel akarnánk Magyarországon megvalósítani, ahhoz ezer hektáros napelemparkot kéne létrehozni. És ezt általában olyan helyre kell tenni, ahol süt a nap, tehát ahol a növények is szívesen éldegélnének. Ráadásul a napelemekhez szükséges anyagokat tiszta formában előállítani, ez iszonyatos energiamennyiséget emészt fel. A szilícium gyakori elem a Földön, a kőzetekben van, de nagyon ragaszkodik az oxigénhez. Elképesztő energia kell ezeket a kötéseket elszakítani, és speciális technológia szükséges hozzá. Az alumíniummal hasonló a helyzet.

***Szokták úgy is definiálni a fenntartható vagy zöld energiát, hogy nem fokozza az üvegházhatást. Ilyen a szélerőmű.***

Nem ilyen, mert a hozzá szükséges betonalapzathoz már kibocsájtottunk irgalmatlan mennyiségű széndioxidot: egy tonna cement széndioxid-ekvivalense ugyancsak egy tonna. Tehát minden tonna cementből ugyanannyi széndioxid kerül a levegőbe a gyártás közben. És amikor a vasat az acélszerkezethez előállították, szintén a légkörbe jutott rengeteg széndioxid, nem is szólva arról, amikor a műanyaglapátokat legyártották kőolajból. Mire feláll egy szélerőmű, már majdnem annyi fosszilis energia van benne, mint amennyi energiát pár évig termelni fog. A szélerőmű a fosszilis energia szobra. A szennyezés már ott van a légkörben, és a lapát még meg sem mozdult.

***De aztán azért csak megmozdul, és elkezdi termelni az energiát anélkül, hogy füstölne.***

Igen, de annak az energiának, amit bele kell tenni, egész élettartama alatt csak a néhányszorosát tudja előállítani. Ez bődületesen rossz energiahatékonyság. Ez a hatékonysági szorzó a hagyományos nyersanyagok, mondjuk a lignit, vagyis a szén esetében körülbelül negyven. A kőszén, a kőolaj és a gáz is nagyon tömény energiaforrás, és a hőerőművi hasznosítása a veszteségek ellenére még mindig a leggazdaságosabb. Ha egy ilyen erőmű dolgozik negyven évig, ezalatt negyvenszer annyi energiát termel, mint amennyit a létrehozása és működtetése felemészt.

***Viszont a fosszilis erőművek, miközben energiát termelnek, folyamatosan szennyezik a légkört. És ez nem igaz például az atomerőműre. Értem a problémát a betonnal, de ha azt egyszer legyártják, utána már nem szennyez.***

Az atomerőműnek se rossz a hatásfoka, mert elég nagy az energiasűrűség, és ezek hosszú élettartamú erőművek. Urán viszont kell hozzá, és az szintén nem megújuló. Az urán hasadóanyag, a radioaktív bomlása természeti folyamat, a radioaktív bomlás tart a világegyetem kezdete óta, nem tudjuk se lassítani, se gyorsítani, de uránból véges készletünk van.

***Mennyi idő alatt fogy el?***

Legfeljebb kilencven év. Persze ha átállítanánk erre az egész globális áramtermelést, akkor sokkal rövidebb ideig tartanának ki a készletek.

***Nem lehet, hogy vannak rejtett urántartalékok valahol?***

Ez nem valószínű, a radioaktivitás elég jól detektálható.

***Miért nem találunk valami hatékonyabb módot a napenergia hasznosítására ahelyett, hogy a fosszilis anyagokat égetjük?***

A kőszén, akár a kőolaj, szintén a napenergiát tárolja. Úgy jött létre, hogy a földtörténeti múltban az a rengeteg növény begyűjtötte a napenergiát, elpusztult, eltemetődött, lesüllyedt, átalakult. Ma pedig ezek hatalmas energiasűrűségű, koncentrált napenergia-konzervek. Amikor hasznosítjuk, kibontjuk a konzervet. Csak hát az a gond, hogy húszezer év termését bontjuk ki egyetlen hét alatt. Százmillió évek alatt keletkeztek a kőolaj- és földgázmezők, amiknek most egy-kétszáz év alatt a nyakára hágunk.

***De olajból újabb lelőhelyeket találnak.***

Azért ez nem ilyen egyszerű. A ’70-es években kongatta meg a vészharangot a Római Klub, akkor volt divatos elmélet az olajhozamcsúcs; azt mondták, hogy nem lesz több kőolaj, és keresni kell alternatívákat.

Aztán mégis megoldották, és most mindenre azt mondják, hogy majd megoldják. De ez a valósághajlítás tipikus esete. Ugyanis az elmélet helyes volt. Akkor volt vége a könnyen hozzáférhető olajnak, amit viszonylag egyszerű technológiával, gazdaságosan, koncentráltan, hosszú ideig ki lehet a föld alól nyerni.

Zalában még mindig vannak ilyen himbás kutak, és van, amelyik még mindig működik. Ez viszonylag egyszerű, gazdaságos, mert kis befektetéssel dolgozik. Amit most olajforradalomnak neveznek, és a politikusok szerint Európát ki fogja segíteni, a palaolaj és palagáz kitermelése. Ez úgy működik, hogy a mélyebben fekvő rétegekbe belefúrnak, és utána nagy nyomással vizet, meg mindenféle vegyi anyagot pumpálnak be, hogy kiszorítsák az olajat. Igen ám, de egy fúrás nyomán három-négy hónapig lehet csak olajat termelni, aztán a hozam visszaesik, és újat kell fúrni. S ennek a repesztéses technológiának úgy néz ki az energiamérlege, hogy a megtérülés a befektetett energiának csak néhányszorosa. Ráadásul a palaolaj és a palagáz kitermelése sokkal nagyobb környezetszennyezést okoz. Persze a végén a benzinkútnál ugyanolyan vagy jobb minőségű üzemanyagot tankolunk, mint az 1970-es években, de jóval nagyobb anyag- és energiabefektetéssel. Vagy ott az olajhomok Kanadában, ami talajszerű, mint a sötét humuszos föld, el kell szállítani, fel kell melegíteni több száz fokra, hogy ki lehessen belőle nyerni az olajat. Ezek nagyon rossz energetikai hatékonyságú folyamatok.

***De akkor miért nem bányászunk mégis inkább szenet? Az***[***legalább van.***](https://24.hu/belfold/2022/03/29/csatater-tiszaujvaros-valasztas-2022-mol-tiszai-eromu-riport/)

Sőt, ott fordított a helyzet, javul a szénbányászat hatékonysága, főleg, ha megnyitják a külszíni fejtéseket. Ott a korszerűbb, nagyobb eszközökkel fajlagosan kisebb költséggel és energiabefektetéssel tudunk energiahordozót kitermelni.

***De nem ég olyan jól, mint a gáz…***

Viszont kevesebb energiával jutunk hozzá, ráadásul szénből még több száz évre elegendő, könnyen hozzáférhető készletek vannak. Cserébe a szén égetése nemcsak nagy széndioxid-kibocsátással jár, hanem rengeteg kormot juttat is a légkörbe. A korom pedig ugyebár fekete, ezért elnyeli a napsugárzást, és tovább melegíti a légkört.

***Mi a helyzet a biomasszával?***

A biomassza a fotoszintézisen alapul, aminek nagyon kicsi a hatásfoka, egy százalék alatti. És a hasznosuló energiatartalma még kisebb, tehát ha a háztartások az energiát energiaerdőből akarnák nyerni, akkor körülbelül két hektárnyi erdő kéne minden ház mellé.

***Most a karbonsemlegesség a jelszó: kivezetjük a szén-, illetve biomassza alapú tüzelést, helyette például földgázzal termelünk áramot, mondván, hogy az nagyobb hatásfokú, és kevesebb szén-dioxidot termel.***

Valós az éghajlatváltozás, és hatalmas benne a szén-dioxid szerepe, de csak erre az egyre koncentrálni a fenntarthatóság szempontjából zsákutca, és sajnos az uniónak ez a politikája. Az éghajlatváltozás is komplex rendszer, aminek nem a széndioxid-kibocsátás az egyetlen oka. De ha csak ennél maradunk: a földgáz, vagyis a metán ugyanúgy fosszilis anyag. Csakugyan nagyobb a hatékonysága, de azért termel szén-dioxidot, ráadásul mire eljut az égetés helyéig, egy része elszökik. A szivárgás miatt körülbelül 10 millió tonna metán kerül a légtérbe évente globálisan. Ez ráadásul [közvetlenül üvegházhatású](https://24.hu/tudomany/2022/02/11/metan-kornyezetvedelem-uveghazhatasu-gaz-globalis-felmelegedes-klimavaltozas-metanvallalas-olaj-gaz/) gáz, és erősebb a légkört melegítő hatása, mint a szén-dioxidé.

***Van egyáltalán olyan energiaforrás, amit globálisan hasznosíthatnánk úgy, hogy ne szennyezze a légkört, ne fokozza az üvegházhatást, és ne pusztítsa le a bolygót néhány tíz éven belül?***

Van egy ilyen megoldás, a vízerőmű. Annak a legjobb az energetikai hatásfoka.

***És ezen a ponton kezdenek kommentelni a környezetvédők, hogy micsoda környezetromboló őrültség ez… Ma a zöldmozgalom hőseinek számítanak azok, akik Bős-Nagymarost megakadályozták.***

Pedig az a 700 megawatt hiányzik ám. Többet tudna stabilan termelni, mint Paks egy blokkja. Persze, vannak mellékhatásai, és nem is lehet mindenhol megcsinálni.

A zöldeknek abban teljesen igazuk van, hogy ez csakugyan megváltoztatja az ökológiai rendszereket, lokális szinten átalakítja a természetet. Ráadásul ennek is van üzemeltetési költsége. Meg aztán a víz elég kiszámíthatatlan tud lenni.

Ha jég van, az is baj, meg az is, ha csökken a vízhozam, ami mostanában előfordul; ha aszály idején alacsony a Duna vízszintje, akkor az erőmű nem fog a névleges teljesítményén termelni. Tehát olyan külső tényezőktől függ a termelése, ami nem szabályozható.

***És a vízerőmű létrehozása nem jár rengeteg betonozással?***

Dehogynem, csak az utána megtérül, szemben a napenergiával. Szóval, ha az a kérdés, hogy mi az, ami tényleg fenntartható és nagy hatásfokú, mégiscsak az a válaszom, hogy a vízerőművet egyszer kell megcsinálni, és utána nagyon hosszú, évszázados nagyságrendű az élettartama. És a víznek elég nagy a sűrűsége, és ha olyan az esése, meg a hozama, akkor az a hatékonysági mutató, ami a napelemnél három, a hőerőműnél meg negyven, az a vízerőműnél száz fölötti.

***Az átlagos hírfogyasztó rendre arról értesül, hogy történnek jelentős előrelépések a fenntarthatóság felé. Európa már***[***átállt***](https://24.hu/fn/gazdasag/2019/11/25/kornyezetbarat-uzemanyag-e10-2020/)***például a bioetanol-tartalmú benzinre, mondván, hogy ezzel jót teszünk a bolygónak.***

Nem teszünk jót, az energetikai célú intenzív növénytermesztés csökkenti a biodiverzitást, és a bioetanol előállításának majdnem akkora az ökológiai lábnyoma, mint a kőolajfinomításnak. Energetikailag is nonszensz, hiszen föl kell szántani a földet, traktor kell, műtrágya kell hozzá, de azt is fosszilis alapanyagból állítjuk elő. A talajokat a mikroelemek tekintetében már így is kizsigereltük. Egy intenzív művelésbe vont talaj nyomelemtartalma már csak töredéke a természetesnek, persze a növények is jóval kevesebbet tartalmaznak mindenből, de egyelőre még nőnek. A talaj is erőforrás, több ezer éves, véges és érzékeny rendszer, aminek a képződési sebessége nagyon lassú, és most minden tápanyagát kiszipolyozzuk az egyirányú anyagforgalommal. És amikor betakarítjuk a termést, az az energiamennyiség, ami végül kijön belőle, kevesebb annál, mint amit befektettünk. A bioetanol zsákutca, ahogy a tervezett léptékben számos más zöldnek látszó kezdeményezés is az.

***Szinte félve kérdezem, hogy az elektromos autóval mi a helyzet…***

Erőforrások értelmetlen pazarlása a köbön. Ott pihennek a garázsokban a 800 kilós akkumulátorokkal az elektromos autók, bennük a rengeteg kritikus kémiai elem, lítium, kobalt, amelyek készletei kimerülőfélben vannak. Fenntartható meg zöld jövőnek tekinteni, hogy mindenki elektromos autót vegyen, hát erre nincsenek jelzők sem. Ugyanis az erőforrások közül az anyag oldaláról sokkal keményebb korlátaink vannak, mint az energia oldaláról. Ha lenne végtelen mennyiségű anyag, nem lenne gond az energiával sem. Tudniillik az energia áramlik folyamatosan, de az anyag mennyisége a bolygón véges, ebből a szempontból zárt a rendszer. És a kémiai elemeket nem lehet egymásból átalakítani, ezt már általános iskolában megtanulja mindenki. Nem úgy működik a világ, hogy ha nincs elég lítium, akkor gyártunk lítiumot. Több milliárd éve a Napunknál sokszorta nagyobb csillagok belsejében és szupernóvákban létrejöttek ezek az anyagok, ennyi van, és kész. Itt a Földön ezeket nem tudjuk előállítani, sem máshonnan beszerezni. Az autóipari lobbi a politika támogatásával kitalált egy divatos irányt, aminek mentén újra lehet gazdasági növekedést és extraprofitot produkálni. A szabályozást úgy módosítják, hogy még az is kénytelen legyen igazodni  hozzá, aki nem ért vele egyet.

Ennek a technológiaváltásnak az erőforrások oldaláról nincs meg a fedezete. Ha az úgynevezett fenntarthatóságra való átállás jegyében, amit 2050-ig meg akarnak csinálni, valóban megvalósítjuk az elképzeléseket, beleértve az elektromos autót, meg a „megújuló” energiatermelést, akkor az ehhez szükséges kritikus elemek ismert készleteit gyakorlatilag már az évszázad közepére kimerítjük.

Rengeteg tudományos cikk foglalkozik már ezekkel a korlátokkal, de valahogy a politika meg a gazdasági lobbi egyszerűen nem hajlandó ezekről tudomást venni.

***És ha valami csoda folytán minden szempontot figyelembe vennénk, legalább az éghajlatváltozás visszafordítható lenne? Vagy legalább megállítható?***

Nem. Több százmillió tonna széndioxid és metán szabadul ki csak a permafrosztból már évente. Tudja, ez az állandóan fagyott talaj, a tundra, ami rohamosan olvad. Olvad a sarki jég, és elnyeli a napsugárzás energiáját a sötét víz ahelyett, hogy a jég visszaverné. Nem lehet itt már megállítani semmit. Ez egy hatalmas komplex rendszer, tele nagyléptékű öngerjesztő folyamatokkal, mint az említett példák, ezekkel már nincs mit tenni. A jég és a friss hófelszín 60–80 százalékát visszaveri a nap sugárzásának, a sötétkék vízfelszín pedig mindössze 6 százalékát. A különbözet hozzáadódik a Föld energiamérlegéhez, és gerjeszti tovább az olvadást. Több millió négyzetkilométer kiolvadt jéggel mit kezdünk? Visszafagyasztjuk?

***És emberi tevékenység nélkül ez nem történne…***

Nincs olyan eleme az éghajlati rendszernek, a Napból érkező sugárzást és a Föld pályaelemeit kivéve, amit ne módosított volna máris jelentős mértékben az emberiség. Például már a középkorban kivágtuk az erdők jó részét Európában, őserdők jószerével azóta sincsenek, ezzel máris megváltoztattuk a felszín sugárzás-visszaverő képességét. Sőt még korábban, más kultúrák is komoly hatást gyakoroltak, azután ami meg a második világháború után történt, az már a turbófokozat. És persze a háború sem környezetbarát, de gondoljon bele, ha vége lesz valaha, az újjáépítés mennyi energiát és nyersanyagot fog felemészteni: újrabetonozni mindent, újraépíteni a gyárakat, lakóépületeket, utakat…

***Ha nincs ez a háború, akkor lehet, hogy tovább alszunk. Lehet, hogy most felébred a világ.***

Lehet. Elvileg van még valamennyi erőforrás, tehát ha normalizálódna valahogy a helyzet, akkor azért még lenne mihez nyúlni. Csakhogy a gazdaságot és a politikát szinte kizárólag a rövidtávú gazdasági érdekek mozgatják.

***Most már rövid a táv.***

De mindenki csak az aktuális évet, pénzügyi időszakot, választási ciklust akarja túlélni. A műanyag azért árasztotta el a világot, hogy kényelmesebb és olcsóbb legyen az életünk, gyártunk mindent, ami fölösleges és eldobható. És csodálkozunk, hogy a tengerek tele vannak szeméttel. Több százmillió tonna műanyagot állítunk elő évente és ennek nagy része fölösleges.

***Mik azok az anyagok, amik a jelenlegi életformánkhoz szükségesek, de már mindjárt elfogynak?***

Pár kivétellel majdnem az egész periódusos rendszert felsorolhatnám.

***Pedig hát az anyag nem vész el…***

És hogy van tovább?

***Átalakul.***

Hát ez az. Az anyagmegmaradás nem azt jelenti, hogy végtelenek a felhasználható készleteink. A felhasználás során átalakítjuk, szétszóródik, és többé nem tudjuk összegyűjteni. Hiába van meg, ha számunkra nem használható. Ha kibányásszuk az ezüstércet, kinyerjük az ezüstöt és felhasználjuk mondjuk több milliárd elektronikai eszközben, az utána meglesz máshol, csak annyira szétszórva és kis koncentrációban, hogy azt képtelenség technológiailag értelmezni. De a legkritikusabb helyzettel a foszforkészletek kapcsán kell majd szembenéznünk. A periódusos rendszerben azért vannak az elemek éppen ott, ahol, mert speciális tulajdonságokkal rendelkeznek. Egy-két tulajdonságukat ki lehet váltani, és néhány anyag más anyagokkal helyettesíthető, de a foszfor nem. Az egy evolúciós termék. A csontjaink alapanyaga kalcium-foszfát. Az ön szervezetében is van 800 gramm foszfor, az aminosavakban, a DNS-ben is. A foszfor életfontosságú elem, ezért ez a műtrágyák egyik komponense.

***És mi történik, ha elfogy?***

A modern, intenzív mezőgazdaságra szükség van ahhoz, hogy ennyi ember táplálékhoz jusson. Régen szépen megtermelték a növényt, az állat legelt, a trágyáját visszahozták a földre, a maradványait elásták, így visszajutott a foszfor, és maradt a földnek termőereje. Most már jórészt egyirányú a folyamat.

A nagyüzemi mezőgazdaság megtermeli az élelmiszert, elszállítjuk a nagyvárosba, megesszük, a foszfor kiürül az emberi szervezetből, megy a csatornába, a folyóba, az óceánba, és volt, nincs. Régen a guanót, a madarak ürülékét használták foszforpótlásra azokon a mezőgazdasági területeken, ahol már kimerült a talaj. Hatalmas guanótelepek léteztek, már a 19. században háborúztak is értük, csakhogy ezeket mára kitermeltük.

Már csak foszfátkőzetek vannak, 90 százalékuk Marokkóban. A készlet talán az évszázad végéig kitart.

***Tehát nem lesz kaja.***

Ennyi biztosan nem, talán a fele sem. És itt nincs B-terv. Nincs olyan, hogy kitalálunk más biológiai szabályokat, ha ezek nem tetszenek. Az ATP-molekulát, ami a fotoszintézis és a sejtlégzés folyamataiban energiaforrásként szerepel, nem lehet mással helyettesíteni, és a DNS-ben sem fogjuk kicserélni a foszfort, ahogy a csontjainkban sem, mert ezek nagyon hosszú evolúciós folyamat termékei. Igen, ez azt jelenti, hogy néhány évtized múlva az emberiségnek nagyon súlyos problémái lesznek az élelmiszerellátással. Persze lehet, hogy ebbe már most a háború kapcsán belekóstolunk. Az energiatermelés válsága is súlyos probléma lesz, de ehhez képest szinte eltörpül.

***Az egész modern technikai civilizációra nagyon büszkék vagyunk, eljutottunk a Holdra, és az egész arra épült, hogy fosszilis energia, elektromosság…***

Csakhogy hibáztunk, mert amikor a ’60-as években eljutottunk a Holdra, és elértünk a csúcstechnológiákig, nem kellett volna tömegesíteni mindent. Akkor kellett volna azt az elvet rögzíteni, hogy minden tartós és javítható legyen.

Nem a szándékoltan elavuló, profitmaximalizáló irányba kellett volna fordulni, hanem megmaradni az anyag- és energiatakarékos szemlélet mellett.

Gyerekkoromban a suszter megcsinálta a cipőt, a háztartási eszközöket megjavították, kicserélték benne az alkatrészt, az autókat is lehetett javítani, megbecsülték és újrahasznosították az anyagot. Szinte körforgásos gazdaság volt.

***Értem, hogy a ’60-as évek után kellett volna más irányba indulni, csak hát az emberi természet is adottság, ahogy a foszfor mennyisége is. Mitől változott volna meg az emberi természet a ’60-as években? Van bennünk egyfajta önzés, mának élés, kényelemszeretet.***

De ez az ember gyermeki énje, a kütyüzés, ami még a felnőtteket is elragadja; sokan az autójukat is státuszszimbólumnak tekintik, aztán egy nem is elég belőle, ha megengedhetik maguknak.

***A gyűjtögető és szerzési ösztön, a prosperitás vágya evolúciósan is bennünk lehet, hiszen kellett a túléléshez.***

De a szerzés és raktározás azokra a dolgokra irányult, amelyekre tényleg szükségünk volt. Évente új telefonra, több autóra, mindig a legújabb okosórára senkinek nincs szüksége. Ezt a jóléti igényt, az örökös kütyüzést és a megunt dolgok kidobálását, amitől valójában senki nem lesz boldogabb, mesterségesen teremti meg a marketing.

***Csakhogy a végeken, a harmadik világ üzemeiben emberek tömegei mégiscsak abból élnek, hogy legyártják ezeket a kütyüket. Nem mondhatjuk, hogy srácok, most jó útra fogunk térni, tehát bezárjuk a gyárat, ne dolgozzatok.***

Így van, mert az a társadalom is erre épült fel.

***Nincs remény?***

Vannak jó kezdeményezések, de ezek sporadikusak. Például, hogy a cégek a termékek helyett inkább szolgáltatást adjanak el. Amszterdamban a Schipol repülőtér nem lámpákat vesz egy cégtől, hanem fényt. Azt mondja, ennyi és ennyi lument kérek, ennyit fizetek érte. Amint a cég oldja meg az izzócserét, érdekeltté válik abban, hogy hosszú élettartamú legyen az izzó, vagy javítható legyen a reflektor. Ha egy cég bérbe adja a mosógépet vagy a telefont, nem kell megvennem. Fizetek a szolgáltatásért, és nem az én gondom, ha elromlik; innentől a cég abban érdekelt, hogy az eszközök strapabírók és hosszú élettartamúak legyenek. Teljesen megfordulna a piac logikája. Most az az érdeke, hogy évente vegyél újat, akkor meg az lenne az érdeke, hogy húsz évig ne kelljen ránézni sem. Nekem a városi roller egyébként tetszik. Nem az, hogy szétszórják a járdán, de filozófiájában előremutató, hiszen nem birtoklom, nem viszem be a hálószobába, hanem használom, és a rendszer ezt szolgáltatásként biztosítja. És amikor nem én használom, használja más.

***Reggel elmegyünk a munkahelyre, ott áll a méregdrágán vett autó egész nap, este hazamegyünk vele, megint egész éjjel áll a fűtött garázsban. Ehelyett a közösségi autózást kéne bevezetni?***

Persze, és nem kéne ennyi autó, ennyi parkolóhely. Csak hát ezek a „sharing economy” elképzelések nagyon gyerekcipőben járnak, és a tulajdonosi szemléletet, meg a spájzolási ösztönt nagyon nehéz az emberekből kiirtani, hiszen státuszszimbólum is az autó. Pedig ennek az erőforrás-igénye töredéke volna annak, mint amire a mostani világ fel van építve. Ugyanakkor a szolgáltatásnak ugyanúgy megvan a munkaerő-igénye, csak másfajta kompetenciák kellenek. És itt nem kéne csodákat művelni, tehát egy ilyen modell akár működőképes lehetne globálisan is.

***A modern élet, a civilizáció ebben a formájában meddig tartható fent? Borúlátó, ha arra gondol, hogy mi lesz az emberiséggel 30-40 év múlva?***

Nincs annyi idő sajnos.

**Húsz éven belül katasztrófa várható. Talán hamarabb. Nagyon sokan látják ezt a tudományos világban, és nagyon kevesen a politikában és a gazdaságban.**

Pedig ez nem valami extra tudás: az, hogy a Föld zárt rendszer az anyag szempontjából, és szinte kifogytak a nyersanyagaink, nagyon könnyen belátható. Az a baj, hogy kommunikációval, lózungok hangoztatásával mindent el lehet fedni, és az emberek elhiszik az összes hazugságot, ami rájuk dől. Pedig hiába írjuk az óriásplakátra, hogy nagyon jó lett a termés, ha nem lesz élelmiszer. Ilyet már megéltünk egyszer, akkor sem működött. A világ beleragadt az alternatív valósággyártásba, de a fizikai valóságot ez egyáltalán nem érdekli. A pénzügyi válságot valamennyire lehetett úgy kezelni, hogy nyomtattak egy kis pénzt, megmentettek egy-két bankot…

***De a pénz absztrakt, az értéke egy kollektív megegyezéstől függ.***

Ezért lehet manipulálni. A valóság viszont, amit a természettudományok eszközeivel tudunk leírni, ilyen módon manipulálhatatlan. Ha nincs homok, nincs foszfát, nincs nyersanyag, akkor nincs elegendő táplálék, és ennyi ember számára nincs élet. Már több mint harminc kritikus elem van, aminek a koncentrált forrásai hamarosan elapadnak.

***Talán nem a nagy cégektől meg a politikai csúcsvezetőktől várhatjuk a változást, hanem a saját háztartásunkon belül kell elgondolkozni, hogy mi az, amiről le tudunk mondani. Talán sokat lehet tenni olyan apróságokkal, hogy nem cserélem le ezt a mobiltelefont, amíg működik…***

Ha még újra lehetne konfigurálni a társadalmat, azt a mesterséges igényturbózás megszüntetésével kezdeném, hogy tényleg mindenki csak azt vegye, amire szüksége van. Mert van itt egy durva paradoxon: minél jobban élünk, annál rosszabbul élünk; egyre többet kell dolgozni, hogy meglegyen a pénz arra, ami miatt azt gondoljuk, hogy jobban élünk, de közben tönkretesszük magunkat, a világunkat, a gyerekeink meg az unokáink jövőjét.

De ha el is indulna egy ilyen kollektív belátás, egy új hozzáállás, akkor is sok mindennel elkéstünk. Ez a féktelen növekedés és jólét legkésőbb 2040-ig véget ér, a modern civilizáció súlyos válságba kerül. Ha más nem, a mostani háború világossá tette, hogy itt erőforrás-válság lesz.

Marokkónak van foszfora szinte egyedül, de mi van, ha a marokkói kormány ezt már nem adja oda senkinek? Ugyanúgy az oroszoknál van egy csomó nyersanyag, ami sokat számít a világkészletben. Lehet embargózni, de ezzel néhány év alatt kölcsönösen lehetetlen helyzetbe hozzuk egymást. A brutális erőforrásválság, ami úgyis eljött volna a túlhasználat, a hígulás, a készletek kimerülése miatt, az most a háborúval előre ugrott tíz-húsz évet, vagy harmincat. Ennek az egyenletnek a valós számok halmazán már nincs megoldása.

***De azért lesz levegő és napfény?***

Persze, azzal nincs gond. A Föld alapvető életfeltételeit nem tudtuk elrontani. Egyedül valami nagyon extenzív nukleáris katasztrófa lenne képes erre. Ha az nem következik be, nem lesz olyan mértékű változás, ami a földi életet lehetetlenné teszi. Csak épp a modern társadalom, a mi világunk omlik össze. Akik eddig sem használtak villamos energiát, és nem a szupermarketben vették az ennivalót, azoknak mindez ezután sem fog kelleni. Vannak olyan törzsi kultúrák a Csendes-óceáni szigeteken, vagy az Amazonas esőerdőinek a belsejében, akiknek szinte mindegy, hogy a modern technikai civilizáció összeomlik. Ők túl fogják élni. De a nagyvárosokba zárt modern társadalmaknak nincs B-terv, ott technológia és energia nélkül egyszerűen nem lehet majd életben maradni. Az Amazonas-menti őserdőben csak annyit fognak észrevenni az egészből, hogy jé, eltűntek azok a villogó és mozgó csillagok és fura hosszúkás felhők az égről…