VISSZAFORDÍTHATÓ

100 HATÉKONY MEGOLDÁS A KLÍMAKATASZTRÓFA MEGÁLLÍTÁSÁHOZ

SZERKESZTETTE
PAUL HAWKEN

A MUNKAKÖZÖSSÉG TAGJAI

ÜGYVEZETŐ IGAZGATÓ: Jon Foley
SZERKESZTŐ, SZERZŐ: Paul Hawken
VEZETŐ ÍRÓ: Katharine Wilkinson
DESIGN: Janet Mumford
WEBOLDAL: Chad Upham
KÉZIRAT-ELŐKÉSZÍTŐ: Christian Leahy
SEGÉDÍRÓ: Olivia Ashmoore

KUTATÁSI IGAZGATÓ: Chad Frischmann
VEZETŐ KUTATÓ: Ryan Allard
VEZETŐ KUTATÓ: Kevin Bayuk
VEZETŐ KUTATÓ: João Pedro Gouveia
VEZETŐ KUTATÓ: Mamta Mehra
VEZETŐ KUTATÓ: Eric Toensmeier
KUTATÁSI KOORDINÁTOR: Crystal Chissell

KUTATÓK

Zak Accuardi
Raihan Uddin Ahmed
Carolyn Alkire
Ryan Allard
Kevin Bayuk
Renilde Becqué
Erika Boeing
Jvani Cabiness
Johnnie Chamberlin
Delton Chen
Leonardo Covis
Priyanka deSouza
Anna Goldstein
João Pedro Gouveia
Alisha Graves
Karan Gupta
Zhen Han
Zeke Hansfather
Yuill Herbert
Amanda Hong
Ariel Horowitz
Ryan Hottle
Troy Hottle
David Jaber
Dattakiran Jagu
Daniel Kane
Becky Xilu Li
Sumedha Malaviya
Urmila Malvadkar
Alison Mason
Mihir Mathur
Victor Maxwell
David Mead
Mamta Mehra
Ruth Metzel
Alex Michalko
Ida Midzic
S. Karthik Mukkavilli
Kapil Narula
Demetrios Papaioannou
Michelle Pedraza
Chelsea Petrenko
Noorie Rajvanshi
George Randolph
Abby Rubinson
Adrien Salazar
Aven Satre-Meloy
Christine Shearer
David Siap
Kelly Siman
Leena Tähkämö
Eric Toensmeier
Melanie Valencia
Ernesto Valero Thomas
Andrew Wade
Marilyn Waite
Charlotte Wheeler
Christopher Wally Wright
Liang Emlyn Yang
Daphne Yin
Kenneth Zame

ESSZÉÍRÓK

Janine Benyus
Anne Biklé
Ferenc pápa
Mark Hertsgaard
David Montgomery
Michael Pollan
Bren Smith
Peter Wohlleben
Andrea Wulf

IGAZGATÓTANÁCS

Janine Benyus
Peter Byck
Pedro Diniz
Peggy Liu
Martin O'Malley
Bradley Palmer
Laura Turner Seydel
John Wick

KÖSZÖNETET MONDUNK FINANSZÍROZÓINKNAK, ADOMÁNYOZÓINKNAK ÉS TÁMOGATÓINKNAK

Ray C. Anderson Foundation
TomKat Charitable Trust
Pedro Paulo Diniz
Lear Family Foundation
Rockefeller Brothers Fund
Leonardo DiCaprio Foundation
Dr. Bronner's
Overbrook Foundation
The Caldera Foundation
Interface Environmental Foundation
Natural Co+op Grocers
Jamie Wolf
Newman's Own Foundation
Leonard C. és Mildred F. Ferguson Foundation
Heinz Endowments
Paul Hawken
Justin Rosenstein
Russ and Suki Munsell
Better Tomorrow Fund
Jessica és Decker Rolph
Gautier család
Stephen és Byron Katie Mitchell
Michael és Jena King Family Fund
Colin le Duc
Autodesk
TSE Foundation
Janine Benyus
Organic Valley
Nutiva Foundation
Leslie és Geoffrey Oelsner
Guayaki

A *Visszafordítható (Drawdown)* tudományos tényekre épülő üzenet; emellett élő bizonyítéka annak, hogy az emberiség egyre nagyobb hányada érti meg, milyen hatalmas kihívással állunk szemben, és mind többen hajlandók életüket a jobb jövő érdekében a jó cselekedeteknek, a biztonságnak, környezetünk megújításának szentelni. Ez a kislány az észak-kenyai Nakuprat-Gotu védett közösségi területen élő borana-oromó népcsoportból való. Az ő fényképe a mi talizmánunk; ő jár az eszünkben, amikor napról napra munkához látunk.

A fordítás alapja:

Drawdown: The most comprehensive plan ever proposed to reverse global warming
Edited by Paul Hawken
All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.
This edition published by arrangement with **Penguin Books**, an imprint of Penguin Publishing Group, a division of Penguin Random House LLC.

Fordította: © Dankó Zsolt, 2019 (Előszó – Energia [Szélerőművek – Hidrokinetikus turbina alfejezetek], Közlekedés)
© dr. Jánossy László, 2019 (Élelmiszer, Épületek és városok)
© Vásony Petra, 2019 (Nők, Földhasználat, Anyagok)
© Weisz Böbe, 2019 (Energia [A hulladék energetikai hasznosítása – Napenergiával működő vízmelegítés alfejezetek], A Jövő zenéje, A nyitás – A fényképek forrása)

Szakmailag lektorálta: dr. Bart István László, Csernus Dóra Ildikó, Kelemen Ágnes, dr. Lehoczky Annamária, Malatinszky Édua, dr. Sáfián Fanni
Szerkesztette: Sebes Katalin
Borítóterv: Juhász Gábor Tamás

A könyv megjelenését a Dumaszínház támogatta.

HVG Könyvek, Budapest, 2019.
Kiadóvezető: Budaházy Árpád
Felelős szerkesztő: Krausz Veronika
www.hvgkonyvek.hu

ISBN 978-963-304-871-9

Minden jog fenntartva. Jelen könyvet vagy annak részleteit tilos reprodukálni, adatrendszerben tárolni, bármely formában vagy eszközzel – elektronikus, fényképészeti úton vagy más módon – a kiadó engedélye nélkül közölni.

Kiadja a HVG Kiadó Zrt., az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
Felelős kiadó: Szauer Péter

Nyomdai előkészítés: Hvg Press Kft.
Felelős vezető: Tóth Péter

RECYCLED
Papír újrahasznosított anyagokból
FSC® C106616
FSC www.fsc.org

Nyomás: Central Dabasi Nyomda Zrt.
Felelős vezető: Balizs Attila vezérigazgató

PAPYRUS

A kiadványt a Papyrus Hungária Zrt. által forgalmazott újrafeldolgozott Balance Silk papírra nyomták.

VISSZAFORDÍTHATÓ

100 HATÉKONY MEGOLDÁS A KLÍMAKATASZTRÓFA MEGÁLLÍTÁSÁHOZ

SZERKESZTETTE
PAUL HAWKEN

hvg könyvek

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ A MAGYAR KIADÁSHOZ 8
ELŐSZÓ 9
A könyv létrejöttéről 10
A könyv nyelvezetéről 13
A számokról 15

ENERGIA
Szélerőművek 18
Mikrohálózatok 21
Geotermikus energia 22
Napenergiaparkok 24
Tetőre szerelt napelemek 26
Hullám- és árapály-energia 28
Koncentrált napenergia 30
Biomassza 32
Atomenergia 34
Kapcsolt energiatermelés 38
Szélgenerátorok 39
Alexander von Humboldt 40
Biogázüzemek 42
Hidrokinetikus turbina 43
A hulladék energetikai hasznosítása 44
Rugalmas villamosenergia-rendszer 46
Energiatárolás (közművek) 48
Energiatárolás (megosztott) 50
Napenergiával működő vízmelegítés 52

ÉLELMISZER
Növényekben gazdag értrend 54
Mezőgazdasági területek helyreállítása 57
Az élelmiszer-hulladék csökkentése 58
Tiszta égésű tűzhelyek 60
Többszintes agrárerdészet 62
Továbbfejlesztett rizstermesztés 64
Erdei legeltetés 66
Minek törődjünk vele? 68
Talajmegújító gazdálkodás 70
Tápanyag-gazdálkodás 72
Fás vegyestermesztés 74
Környezetkímélő (talajvédő) mezőgazdálkodás 76
Komposztálás 78
Bioszén 80
A trópusok alapvető gyümölcsfái 82
Öntözéses gazdálkodás 84
A természet rejtett másik fele 86
Irányított legeltetés 88

NŐK
Női kistermelők 92
Családtervezés 94
A nők oktatása 96

ÉPÜLETEK ÉS VÁROSOK
Energiasemleges épületek 100
Gyalogosbarát városok 102
Kerékpáros-infrastruktúra 104
Zöldtetők 106
LED-világítás 108
Hőszivattyúk 110
Okosablakok 112
Okos hőfokszabályozók 114
Távhő 115
Depóniagáz-hasznosítás 116
Hőszigetelés 117
Energiahatékony épületfelújítások 118
Ivóvízellátás 120
Épületirányítási rendszerek 122

FÖLDHASZNÁLAT
Erdővédelem 124
Tengerparti vizes élőhelyek 128
Trópusi erdők 130
Bambusz 133
A férfi, aki megállította a sivatagot 134
Évelő energianövények 137
Tőzeglápok 138
Őslakos népek földhasználata 140
Mérsékelt övi erdők 144
A fák titkos élete 146
Erdősítés 148

KÖZLEKEDÉS
Közösségi közlekedés 152
Nagysebességű vasút 154
Hajók 156
Elektromos járművek 158
Telekocsi 160
Elektromos kerékpárok 162
Személygépkocsik 164
Repülőgépek 166
Teherautók 168
Távjelenlét 170
Vasút 172

ANYAGOK
Háztartási hulladék újrahasznosítása 174
Ipari hulladék újrahasznosítása 176
Környezetbarát cement 178
Hűtés 180
Újrahasznosított papír 182
Bioműanyagok 184
Víztakarékos otthon 186

A JÖVŐ ZENÉJE
A mamutsztyepp újranépesítése 188
Legeltetéses növénytermesztés 191
Az ásványmállás fokozása 192
Tengeri permakultúra 194
Intenzív fás legelők 197
Mesterséges levél 198
Önvezető autók 200
Szilárdtest-hullámenergia 203
Élő épületek 204
Közös otthonunk gondozásáról 206
Közvetlen szén-dioxid – lecsapolás 208
Hidrogén-bór fúzió 210
Okossztrádák 212
Hyperloop 214
Baktériumos talajkezelés 216
Ipari kender 218
Évelő haszonnövények 219
A tehén kisétál a partra 220
Óceángazdálkodás 222
Okoshálózatok 225
Építkezés fával 226
Kölcsönösség 228

A nyitás 232
A módszertan 234
Miről árulkodnak a számok? 236
A megoldások összegzése:
A megoldások rangsor szerinti összegzése 238
A megoldások szektor szerinti összegzése 240
Kik vagyunk? – A koalíció
Drawdown-partnerek 242
Drawdown-tanácsadók 244
Köszönetnyilvánítás 250
Név- és tárgymutató 251
A fényképek forrása 256

A Visszafordítható megírásához végzett kutatómunkánk során több mint ötezer hivatkozást, idézetet és forrásanyagot gyűjtöttünk össze. Bár ez a magas szám lehetetlenné tette, hogy megjelenjenek a könyvben, megtalálhatók a www.drawdown.org/references honlapon.

ELŐSZÓ A MAGYAR KIADÁSHOZ

A *Visszafordítható (Drawdown)* meghatározó élmény volt számomra, mert a félelem, a kilátástalanság és a tehetetlenség érzése helyett adott jól strukturált és inspiráló választ egy ördögi problémára. Azzal, hogy a Dumaszínház támogatta a könyv megjelenését, mi is inkább a megoldás, semmint a probléma részeivé szerettünk volna válni.

A klímakatasztrófa kapcsán sokat gondolkodtam azon, mit is tehetünk mi, humoristák. Hogyan járulhatunk hozzá ahhoz, hogy még néhány évtized múlva is legyen kedvük nevetni az embereknek, legyenek erőforrásaik, amelyek egyáltalán erre fordíthatók, és legyen még olyan hely, ahol stand-up comedy klubok működnek. George Marshall *Don't Even Think About It* (Még csak nem is gondolkodunk rajta) című könyve fogalmazta meg talán legjobban, hogyan és miről is kellene beszélnünk ezzel kapcsolatban. A célunk – Marshall meglátásaival összhangban – az, hogy az emberekkel megértessük, a klímakatasztrófa létezik, és ez nem az emberiség távoli jövője, hanem a jövő keddünk, amiben már nyakig benne vagyunk. Amikor egyre ellentmondásosabb információk zúdulnak ránk, a tényeket tényekként kell kezelnünk, és óvakodnunk kell attól, hogy azokat a válaszokat tegyük magunkévá, amelyekkel biztonságosabb, könnyebb érzelmileg azonosulnunk. Nem ellenséget kell keresnünk és megosztani a társadalmat egy újabb törésvonal mentén, hanem a megoldásra összpontosítani, egyáltalán, beszélni erről a kérdésről: nem mint távoli, környezetvédelmi témáról, hiszen ez jóval átfogóbb és hosszabb távú cselekvést igényel, mint fákhoz láncolni magunkat, vagy bálnavadászhajókra támadni gumicsónakokkal. Ez a probléma nem a környezetvédők problémája, ez mindannyiunk gondja! Mindannyiunknak aktivistává kell válnunk, hogy egy távoli, de biztosan bekövetkező esemény kapcsán is cselekvésre szánjuk el magunkat. Ez óriási erőfeszítést igényel, hiszen még egy felelés előtt is hajlamosak vagyunk az utolsó szünetben tanulni, vagy akkor nekiállni a kádat kisúrolni, amikor a vendégek már felcsengettek a kaputelefonon. Ez azonban nem olyan kihívás, ami az utolsó pillanatban is kezelhető.

Ha azt mondjuk, én apró porszem vagyok a gépezetben, mindegy, hogy gyalog megyek-e dolgozni, vagy új, innovatív megoldásokon töröm a fejem, az összképen ez úgysem változtat, egyszerűen csak elodázzuk a problémát. A valóság az, hogy számos apró kezdeményezés, ötlet is globális szinten jelentős változásokat indíthat el, és a közösségben betöltött szerepünk, példamutatásunk segítségével is rendkívüli eredményeket érhetünk el. A technológia egyre jobb megoldásokat kínál, a közösségi média, a digitális behálózottság pedig széles körű együttműködést tesz lehetővé, mindezek segítségével bolygónk lakói mind vállalati, mind állami szinten könnyen aktívvá válhatnak, felléphetnek. Mivel egy összetett, folyamatosan változó problémáról van szó, amelynek magunk is okozói vagyunk, olyan elkötelezett és hiteles emberekre van szükség, akik képesek objektíven, elfogultság és hátsó szándékok nélkül kommunikálni, tájékoztatni és cselekvésre ösztönözni másokat. Bízunk benne, hogy ebben mi is részt tudunk vállalni.

A *Visszafordítható* valódi megoldásokat kínál: akkor segít, ha már meggyőződésünkké vált, hogy a klímakatasztrófa ténylegesen létezik, de kérdésként merül fel bennünk, hogy mit tegyünk, mit tegyenek a vállalatok, mit tegyen az állam. Többé nem hivatkozhatunk arra, hogy nincs forgatókönyv, amelyet végre lehetne hajtani, nincsenek megvalósítható ötletek. Ha bárki ezt állítja, elég, ha a kezébe adjuk ezt a könyvet, az iskolákban csakúgy, mint a munkahelyeken. Ha minden reggel hurkát eszünk, amit egy felessel kísérünk, miközben elszívunk egy cigarettát, esetleg bízhatunk abban, hogy a remek gének és az orvostudomány segítségével akár nyolcvan évig is elélünk, bár nagy valószínűséggel méltatlanul. Ilyen forgatókönyv azonban a klímakatasztrófa kapcsán jelen pillanatban nem létezik. Hihetünk a technológiában, abban, hogy majd a mérnökök ezt a kérdést is megoldják – ám ez egyrészt kevés, másrészt a mérnökökre már túl későn nehezedik olyan nyomás, és hull az ölükbe annyi fejlesztési pénz, hogy még időben cselekedni tudjanak. Mindenki abban bízik, hogy idővel megoldódik a kérdés, hiszen 10 éven belül még tehetünk valamit. Tehát elég lesz, ha 2029 novemberében foglalkozunk vele, már amennyiben egyéb fontos teendőink, mint a karácsonyi ajándékvásárlás nem szorítja hátrébb a teendőlistánkon.

Nincs időnk, és nincs olyan megalapozott kifogás, amivel a cselekvést elnapolhatnánk. A *Visszafordítható* magyar megjelenésével pedig most már itthon is eggyel kevesebb az ürügy, amire hivatkozhatunk. Számos fejezet nemcsak arról szól, hogy mit tegyünk a globális klímaválság megoldása érdekében, hanem arról is, hogyan éljünk egészségesebben, költsünk kevesebbet utazásra, energiára, kezeljük helyben a már bekövetkezett vagy elkerülhetetlen változásokat, így „mellékhatásként" még számos, jelenleg elkerülhetetlennek tűnő világvége-forgatókönyvet is megelőzhetünk.

Az új gondolkodásmód a jelentős áldozat mellett rendkívül sok előnnyel is jár, és ehhez megvannak az eszközök is. Csak használnunk kell őket, és minél többeket rávenni, hogy ők is így tegyenek.

Litkai Gergely
humorista, a Dumaszínház alapítója

ELŐSZÓ

Klímakutatóként évtizedek óta csüggedten szemlélem a világ eseményeinek alakulását. Mi, tudósok egyértelműen és határozottan figyelmeztettünk arra, hogy mivel járhat a bolygó éghajlatának változása, és ezek a veszélyek egymás után valósággá válnak. Az üvegházhatású gázok a Föld légkörében visszatartják a hőt, ennek következtében melegebbé válnak az évszakok, és a globális vízkörforgás felerősödik.

A melegebb levegő több nedvességet tart magában, és a felszíni vizek gyorsabb párolgását eredményezi, valamint nagyobb esőket, havazásokat okoz. A rekordot döntő hőhullámok intenzív aszályokkal párosulnak, és így tökéletes feltételt teremtenek óriási erdőtüzek kialakulásához. Az egyre melegebb óceánok nagyobb esőzésekkel és szökőárszerű vihardagályokkal járó, hatalmas erejű viharokat idéznek elő. Az elkövetkező évtizedekben egyre több szélsőséges időjárási eseményre számíthatunk, és ez jelentős emberáldozattal és komoly anyagi kárral jár majd.

Akár tetszik, akár nem – ha „hiszünk" a tudománynak, ha nem –, az éghajlatváltozás már itt van a nyakunkon, és mindenre kihat: nemcsak bolygónk időjárási viszonyaira, ökoszisztémáira, sarki jégtakaróira, szigeteire, tengerpartjaira és nagyvárosaira, hanem minden ma élő ember és az elkövetkező generációk tagjainak egészségére, biztonságára és védelmére is. Világszerte egymással összefüggő jelenségeket figyelhetünk meg. Így például az óceánok elsavasodnak, ami elpusztítja a korallzátonyokat és a tengeri élővilágot. A növényzetnek – közöttük legfontosabb terményeinknek – pedig megváltozik a biokémiája.

Pontosan tudjuk, miért történik ez. Már több mint száz éve ismerjük az okokat.

Amikor fosszilis tüzelőanyagokat (szenet, kőolajat, földgázt) égetünk, cementet gyártunk, felszántjuk a termékeny szántóföldet, irtjuk az erdőket, a hőt csapdába ejtő szén-dioxidot bocsátunk a levegőbe. Szarvasmarháink, rizsföldjeink, hulladéklerakóink, a földgázkitermelés metánt bocsátanak ki, és még melegebbé teszik bolygónkat. Más üvegházhatású gázok, például a dinitrogén-oxid és a fluortartalmú gázok, a mezőgazdasági, ipari és lakott területekről, a hűtőrendszerekből szivárognak el, és tovább fokozzák az üvegházhatást. Mivel az éghajlatváltozás számos forrásra vezethető vissza – ilyen például az energiatermelés, a mező- és erdőgazdaság, a vegyipar vagy a cementipar –, a megoldásoknak is ugyanilyen sok forrásból kell származniuk.

A bolygónknak okozott károkon túl a klímaváltozás társadalmunk szövetének rombolásával és demokráciánk alapjainak aláásásával is fenyeget. Ezt különösen az Egyesült Államokban láthatjuk, ahol a szövetségi kormányzat kulcsfontosságú szervei tagadják a tudományos tényeket, és továbbra is igazodnak a szén-, olaj- és gáziparhoz. Miközben a legtöbb ember továbbra is úgy éli napjait, mintha minden rendben lenne, mások, akik tisztában vannak a tudomány tényeivel, félnek, vagy egyenesen kétségbe vannak esve. Az éghajlatváltozás narratívája végzetszerű, komor történetté állt össze, amely tagadást, dühöt vagy lemondást vált ki az emberekből.

Volt idő, hogy én is egy voltam közülük.

A *Visszafordítható* című kötet megvalósulásának hála más szemszögből látom a dolgokat. Paul Hawken és munkatársai megvizsgálták és modellezték a globális felmelegedés visszafordításának száz legfontosabb módját. Ezek a megoldási javaslatok az energetika, a mezőgazdaság, az erdőgazdaság, az ipar, az építőipar, a közlekedés stb. területeit ölelik fel. Olyan jelentős társadalmi és kulturális területekre is kiterjednek, mint a lányok társadalmi szerepvállalásának ösztönzése, a népességnövekedés csökkentése, étrendünk és fogyasztási szokásaink megváltoztatása. Ezek a válaszlépések nemcsak lelassítják, hanem vissza is fordíthatják a klímaváltozást.

A *Visszafordítható* túlmegy a napelemek és az energiatakarékos izzók használatán, bemutatja, hogy a szükséges válaszlépések jóval szerteágazóbbak a csupán tiszta energiával kapcsolatos javaslatoknál, és a globális felmelegedés kezelésének megannyi hatékony eszköze létezik. A *Visszafordítható* jól szemlélteti, milyen óriási lépéseket tehetünk egyes különlegesebb üvegházgázok, például a hűtőközegek és a koromrészecskék (black carbon, BC) emissziójának, a mezőgazdaság dinitrogén-oxid-, a szarvasmarha-tenyésztés metán-, valamint az erdőirtással járó szén-dioxid kibocsátásának csökkentésével. A *Visszafordítható* bemutatja továbbá, miként lehetséges a légköri szén-dioxid kivonása az innovatív földhasználati gyakorlatok, a megújító mezőgazdaság és az agrárerdészet segítségével.

Számomra azonban az a legfontosabb, hogy a *Visszafordítható* megmutatja, miként győzzük le az éghajlatváltozást övező félelmünket, zavarodottságunkat és apátiánkat, és cselekedjünk egyénileg, saját lakókörnyezetünkben, városainkban, valamint a régiók és az állam, a vállalatok, a befektetési cégek és a nonprofit szervezetek szintjén. Ez a könyv az éghajlati szempontból biztonságos világ kialakításához nyújt egyfajta útmutatót. Gyakorlatias, könnyen érthető és népszerűsíthető megoldások modellezésével olyan jövőt vázol fel, amelyben visszafordíthatjuk a globális felmelegedést, és egy jobb világot hagyhatunk az elkövetkező nemzedékekre.

A jövőnket azért is látjuk klímaszempontból igen sötétnek, mert a különböző híradások és jelentések azzal foglalkoznak, hogy mi lesz akkor, ha nem teszünk valamit. A *Visszafordítható* azt mutatja meg, hogy mi az, amit megtehetünk. Ezért gondolom, hogy ilyen fontos könyvet a klímaváltozásról még nem írtak.

A *Visszafordítható* segített helyreállítani a jövőbe vetett hitemet, a bizalmamat abban, hogy az ember képes lehet leküzdeni az előtte tornyosuló hihetetlen kihívásokat. Minden eszköz megvan ahhoz, hogy szembeszálljunk az éghajlatváltozással, és hála Paulnak meg a munkatársainak, most már tervünk is van arra, hogyan használjuk ezeket az eszközöket.

Vágjunk bele, és cselekedjünk!

Dr. Jonathan Foley, PhD
ügyvezető
Project Drawdown

A KÖNYV LÉTREJÖTTÉRŐL

A Project Drawdown nem a félelemnek, hanem a kíváncsiságnak köszönheti megszületését. 2001-ben klímaszakértőket és környezetvédelmi szakembereket kezdtem arról faggatni, hogy tudjuk-e, mit kell tennünk a globális felmelegedés megfékezéséhez és visszafordításához. Azt hittem, kapok majd egy listát a tennivalókról. Szerettem volna megismerni a rendelkezésre álló leghatékonyabb megoldásokat és lehetséges hatásaikat. A költségvonzatukkal is szerettem volna tisztában lenni. Mindenkitől azt a választ kaptam, hogy ilyen lista nem létezik, de általános volt a vélemény, hogy remek volna, ha lenne, még ha az összeállítása egyikük szakterületébe sem tartozik is bele. Pár év elteltével felhagytam a kérdezősködéssel, mert én sem rendelkeztem a megfelelő szakértelemmel.

Aztán elérkezett 2013. Több különösen aggasztó cikk jelent meg, az emberek pedig a korábban elképzelhetetlenről kezdtek suttogni: a játéknak vége. Igazán ez a helyzet, vagy esetleg még sincs minden veszve? Hogy is állunk valójában? Ekkor határoztam el, hogy létrehozom a Project Drawdown-t. A légkör szempontjából a visszafordítás az a pillanat, amikor az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja a csúcsára jut, majd évről évre csökkenni kezd. Úgy döntöttem, a projekt célja az lesz, hogy azonosítson, mérjen és modellezzen száz érdemi megoldást, és így kideríthessük, hogy harminc év alatt meddig juthatunk ennek a célnak az elérésében.

Meglehet, a könyv alcíme – 100 hatékony megoldás a klímakatasztrófa megállításához – egy kicsit túlzó. Azért választottuk, mert a felmelegedés visszafordítására részletes javaslatcsomag eddig még nem készült. Születtek megállapodások és javaslatok a kibocsátások lassítására, maximalizálására és megfékezésére, valamint léteznek nemzetközi egyezmények arra vonatkozóan, hogy a világ átlaghőmérséklete ne emelkedjen 2 °C-nál többel az ipari forradalom előtti szinthez képest. A világ 195 országa óriási lépést tett előre azzal, hogy közösen elismerte, az emberi civilizációra súlyos válság vár, sőt nemzeti cselekvési terveket is elfogadott. Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) az emberiség történelmének legjelentősebb tudományos tanulmányát készítette el, folyamatosan finomítja, kiterjeszti a kutatást, bővítve a világ egyik legösszetettebb rendszerével – a földi éghajlattal – kapcsolatos ismereteinket. Olyan ütemterv azonban még nem született, amely túlmutatna az üvegházgáz-kibocsátások megfékezésén vagy akár megállításán.

Tisztázni szeretnénk, hogy a javaslatcsomagot nem a mi szervezetünk dolgozta ki. Ehhez nincs meg sem a kapacitásunk, sem a felhatalmazásunk. Ezeket a megoldásokat, amelyek az emberiség kollektív tudásában már megvoltak, a kutatásaink során fedeztük fel. Könyvünk egyfajta terv, cselekvési program, amely általánosan hozzáférhető, gazdaságilag életképes és tudományosan hiteles eljárásokat és technológiákat ismertet. Magánemberek, gazdálkodók, közösségek, városok, vállalatok, kormányok mutatták meg, hogy törődnek bolygónkkal és lakóival – elhivatott földlakók, akik rendkívüli dolgokat tesznek világszerte. Ez az ő történetük.

Projektünk hitelességéhez kutatók és tudósok összefogására volt szükség. A költségvetésünk szűkös volt, viszont az ambícióink hatalmasak, ezért a világ minden tájáról tudósokat és diákokat kértünk fel arra, hogy csatlakozzanak kutatói csapatunkhoz. A legkiválóbb szakemberek jelentkeztek felkérésünkre. Projektközösségünk jelenleg 22 ország 70 tagjából áll. 40%-uk nő, közel felüknek van tudományos doktori fokozata, a többieknek pedig legalább mesterfokozatú diplomájuk. Széles körű tudományos és szakmai tapasztalatokat szereztek a világ legrangosabb intézményeiben.

Összeállítottunk egy átfogó listát a klímavédelmi megoldásokról, majd ezt leszűkítettük azokra a lehetőségekre, amelyekkel a legjobban csökkenthetők a kibocsátások, vagy köthető meg a légköri szén-dioxid. Ezután áttekintettük a szakirodalmat, és elvégeztük az egyes megoldások részletes éghajlati és pénzügyi modellezését. Az elemzéseket aztán egy háromlépcsős folyamatnak vetettük alá; ennek részeként külső szakértők ellenőrizték az anyagot, értékelték az inputokat, a forrásokat és a számításokat. Felállítottunk egy 120 fős, elismert geológusokból, mérnökökből, agronómusokból, politikusokból, írókból, éghajlatkutatókból, biológusokból, botanikusokból, közgazdászokból, pénzügyi elemzőkből, építészekből és aktivistákból álló tanácsadó testületet, amely áttekintette és jóváhagyta a szöveget.

Szinte az összes itt összegyűjtött és elemzett klímavédelmi megoldás regeneratív, vagy más szóval helyreállító gazdasági eredményekhez vezet: biztonságot és munkahelyeket teremt, hozzájárul az általános egészségügyi állapotok javításához, pénzt takarít meg, elősegíti a mobilitást, felszámolja az éhezést, megelőzi a szennyezést, helyreállítja a talajt, megtisztítja a folyókat stb. Bár ezek lényegi és hasznos megoldások, ez nem jelenti azt, hogy egyben a legjobb megoldások is. Van pár olyan tétel is a könyvben, amelyek közvetett hatásai egyértelműen károsak az emberek és a bolygó egészségére, és ezt a leírásban igyekszünk is világossá tenni. A megoldási javaslatok döntő többsége azonban olyan kezdeményezés, amelyeket az éghajlatra gyakorolt végső hatásuktól függetlenül érdemes elterjeszteni, hiszen egyébként is jót tesznek a környezetnek, és társadalmi szempontból is hasznosak.

Könyvünk egyik utolsó fejezete a „A jövő zenéje” címet viseli, és születőben lévő vagy most körvonalazódó megoldásokat mutat be. Van közöttük olyan, ami sikeres lesz, és olyan is, ami bizonyára megbukik. De mindegyik bizonyítja a klímaváltozás elleni küzdelem iránt elkötelezett emberek leleményességét. Mindemellett neves újságírók, írók és tudósok esszéi – elbeszélései, jegyzetei – is gazdagítják a könyvet, változatos módon világítva meg a konkrét javaslatok tágabb összefüggéseit.

A továbbiakban is tanuló szervezetként működünk. Összegyűjtjük, rendszerezzük és széles körben megosztjuk az éghaj-

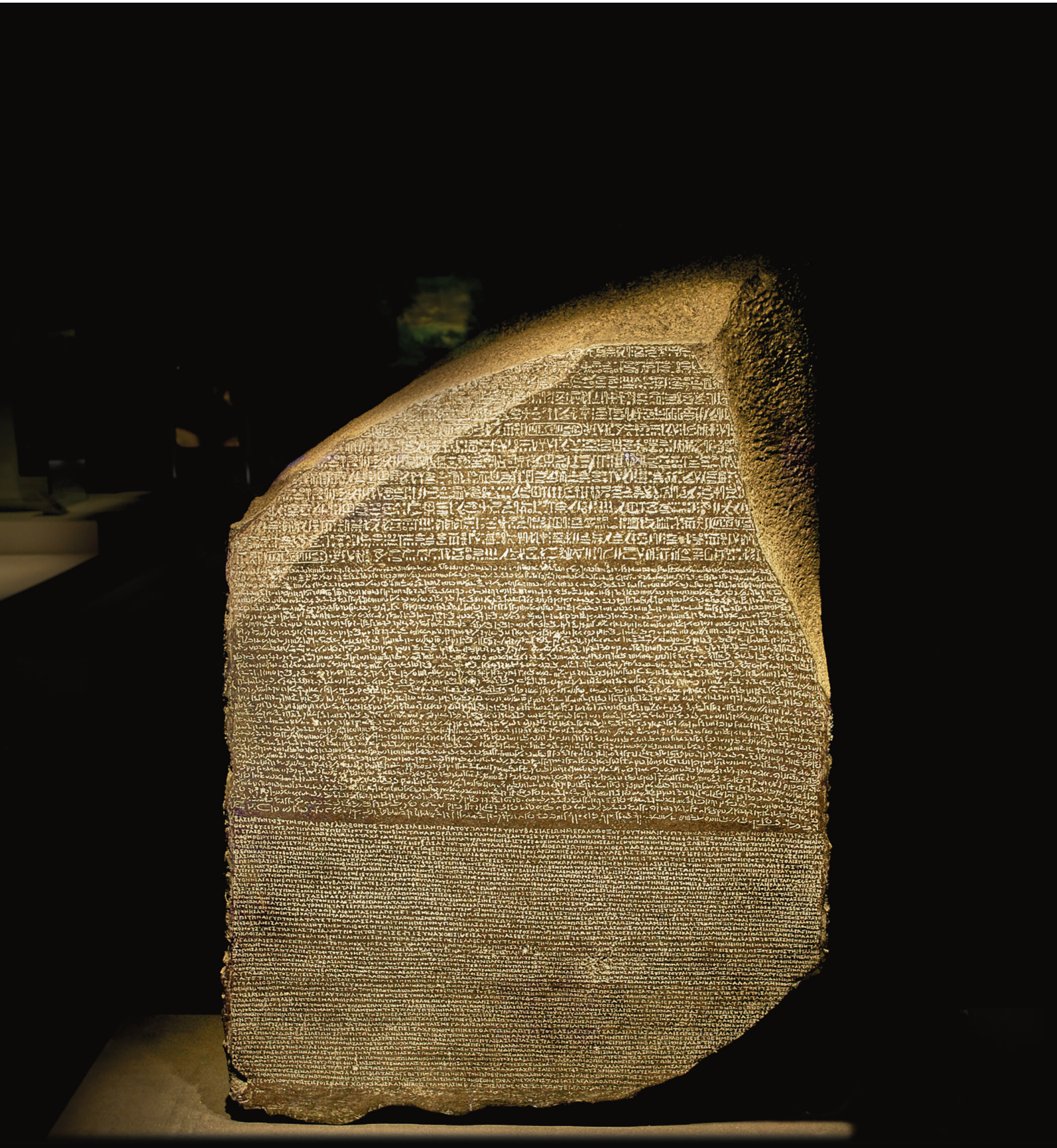
Háromhetes foltosbagoly-fiókák ülnek egy mohával benőtt bürökágon Észak-Oregonban

latváltozással kapcsolatos információkat, és abban is segítünk, hogy a könyvben és a www.drawdown.org weboldalon található információkat olvasóink kiegészíthessék, módosíthassák, kijavíthassák. A technikai jelentések és a részletes modelleredmények a weboldalon mind megtalálhatók. Tény, hogy a 30 évre előretekintő modellszámítások felettébb spekulatívnak mondhatók. Mégis úgy gondoljuk, hogy számaink hozzávetőlegesen helyesek, emellett szívesen fogadunk minden észrevételt, javaslatot.

Egyre több vészjelzés érkezik: sűrűsödő aszályok, a tengerszint növekedése és a hőmérséklet szűnni nem akaró emelkedése az egyik oldalon, globális menekültválság, konfliktusok, zűrzavar a másikon. Ez azonban nem a teljes kép. A *Visszafordítható* könyvünk megírásával arra törekedtünk, hogy bemutassuk: sokan vannak, akik rendületlenül és állhatatosan dolgoznak az ügyön. Fel kell vennünk a kesztyűt, még akkor is, ha a szén-dioxid-kibocsátás – amelyet az olaj, a szén, a gáz eltüzelése, illetve a földhasználat okoz – a klímavédelmi megoldásokhoz képest két évszázados előnyben van.

Az üvegházhatású gázok mai légköri koncentrációja úgy jött létre, hogy az emberiség még nem tudta, mivel jár ez – őseink nem tehettek az általuk okozott kárról. Emiatt hajlamosak lehetünk azt hinni, hogy a globális felmelegedés olyasvalami, ami csupán megtörténik velünk – mintha egy olyan végzet áldozatai volnánk, amelyet korábbi tettek határoztak meg. Ha változtatnánk ezen a nézőpontunkon, és úgy vennénk, hogy az általános felmelegedés értünk történik – egy olyan légköri átalakulás formájában, amely arra ösztönöz, hogy újragondoljunk és megváltoztassunk mindent, amit teszünk –, akkor máris egy másik világban találnánk magunkat. Így teljes mértékben vállalnánk a felelősséget, és többé nem másokat hibáztatnánk. A globális felmelegedésben nem az elkerülhetetlen végzetet látnánk, hanem felhívást az építésre, az újításra, a változások megvalósítására, egy új irányt, amely felébreszti bennünk a kreativitást, az együttérzést, a szellemet. Ez nem pusztán egy liberális és nem is egy konzervatív program. Ez az emberiség programja.

– Paul Hawken



A Kr. e. 196-ban Egyiptomban a rosette-i kőbe vésett rendelet nem annyira a tartalma – V. Ptolemaiosz uralkodó hatalmának megerősítése –, mint a leírásához használt írásjelek egyedülálló kombinációja miatt világhírű. Ugyanaz a szöveg ismétlődik görög nyelven, egyiptomi hieroglifákkal és egyiptomi démotikus írással, azaz az akkori uralkodók, papok, illetve közemberek nyelvén. A 19. században európai tudósok a rosette-i követ használták a hieroglifák megfejtéséhez, ami lehetővé tette az ókori Egyiptom megismerését. Napjainkban a rosette-i követ Richard Parkinson, az Oxfordi Egyetem egyiptológus professzora „az írásmegfejtés jelképének”, valamint „egymás megértésére irányuló vágyunk szimbólumának” nevezi. A nyelvi közlés és megértés az emberi törekvések középpontjában áll.

A KÖNYV NYELVEZETÉRŐL

Konfuciusz szerint a bölcsesség azzal kezdődik, hogy nevükön nevezzük a dolgokat. Az éghajlatváltozás világában a zűrzavar sokszor a szóhasználattal kezdődik. Az éghajlatkutatásnak megvan a maga szakszókincse, mozaikszavai, zsargonja. Ez a tudósok és politikai döntéshozók által kialakított nyelv lényegre törő, pontos és jól használható. A szélesebb nyilvánosságnak szánt kommunikációra ugyanakkor nem alkalmas, hiszen elidegenít és eltávolít a tárgytól.

Emlékszem, amikor a közgazdászprofesszorom a Gresham-törvény definícióját kérdezte tőlem, én gépiesen hadarva feleltem. Rám nézett – nem valami elégedetten, noha a válasz helyes volt –, és megkért, hogy akkor most magyarázzam el a nagymamámnak. Ez már sokkal nehezebb feladat volt. A professzornak szakzsargonban adott válaszomat nagyanyám nem értette volna meg. Ugyanez a helyzet az éghajlattal és a globális felmelegedéssel is. Nagyon kevesen értenek az éghajlatkutatáshoz, pedig az általános felmelegedés alapvető mechanizmusa meglehetősen egyszerű.

Arra törekedtünk, hogy a *Visszafordítható* a legkülönbözőbb hátterű és szemléletű embereknek is érthető legyen. Az volt a célunk, hogy kerülve az analógiákat és a szakzsargont, gondosan megválasztott szavakkal és metaforákkal hidaljuk át a klímával kapcsolatos kommunikációs szakadékot. Amennyire lehetséges, tartózkodtunk a mozaikszavak és a kevésbé ismert éghajlati terminológiák használatától. A rövidítés helyett a szövegben általában teljesen kiírjuk azt, hogy szén-dioxid. Metánt írunk, nem CH_4-et.

Vegyünk egy példát: A Fehér Ház 2016 novemberében hozta nyilvánosságra az évszázad közepéig szóló átfogó dekarbonizációs stratégiáját. A mi szemszögünkből nézve azonban a dekarbonizáció (magyarul szénmentesítés) kifejezés valójában nem a célt határozza meg, hanem a problémát írja le: az emberiség „szénmentesítette" a Földet azzal, hogy eltávolította belőle az elemi szenet, azaz eltüzelte a szenet, a kőolajat, a földgázt, kiirtotta az erdőket, illetve helytelenül művelte a termőföldeket. A dekarbonizáció – vagy szénmentesítés – kifejezés rendszerint, ahogy jelen esetben a Fehér Ház szóhasználatában is, arra utal, hogy váltsuk fel a szenet, olajat és gázt megújuló erőforrásokkal. Gyakran ezt a fogalmat használják azonban arra is, hogy a klímaváltozás elleni harc átfogó célját meghatározzák – még akkor is, ha a „szénmentesítés" kifejezés nem különösebben ösztönző hatású, viszont könnyen félreérthető.

Egy másik kifejezés, amelyet a tudósok használnak, a „negatív kibocsátás" – ennek semmilyen nyelven sincs értelme. Képzeljünk el egy negatív házat vagy egy negatív fát. Valaminek a hiánya a semmi. A kifejezés a légkör szén-dioxid-tartalmának megkötésére vagy csökkentésére vonatkozik. Mi ezt szénmegkötésnek nevezzük. Pozitív, nem pedig negatív érték. Ez újabb példája annak, amikor a klímanyelv eltávolodik a köznyelvtől és a józan észtől. Az a célunk, hogy olyan nyelven mutassuk be az éghajlatkutatást és a megoldási javaslatokat, amely a legszélesebb közönség számára is érthető és egyértelmű, a nyolcadikosoktól a csőszerelőkig, a végzős egyetemistáktól a gazdálkodókig.

A katonai nyelvezet használatát is kerüljük. A klímaváltozásról szóló írások és retorikai fordulatok nyelvezetének jelentős része erőszakos: a szén-dioxid-kibocsátás elleni háborúról, a globális felmelegedés elleni küzdelemről, a fosszilis tüzelőanyagok elleni csaták frontvonaláról szólnak. A cikkek a kibocsátás lefaragását emlegetik, mintha bozótvágó kés volna a kezünkben. Az ilyen szóhasználat érthető, hiszen jól kifejezi a helyzet súlyosságát, azt, hogy egyre kevesebb idő áll rendelkezésünkre a globális felmelegedés kezelésére. Igen, az olyan szavak, mint a „harc", a „küzdelem" és a „keresztes hadjárat", arra utalnak, hogy a klímaváltozás az ellenség, amelyet el kell pusztítani. Az éghajlat a földi biológiai aktivitás, valamint a levegőben zajló fizikai és kémiai jelenségek következtében alakul ki, és nem más, mint a jellemző időjárási körülmények hosszú távú alakulása. Az éghajlat mindig is változott, és a jövőben is így lesz: a klimatikus ingadozások az okozói mindennek, az évszakok változásától kezdve az evolúcióig. A cél az, hogy a globális felmelegedés emberi eredőinek kezelésével és a szén földbe való visszajuttatásával megváltoztassuk az éghajlatra gyakorolt hatásunk irányát.

Könyvünk, illetve projektünk eredeti angol elnevezését is meg kell indokolnunk. A „drawdown" szót szokásosan a fegyveres erők csökkentésének, a tőkeszámlák lehívásának, a vízforrások kimerítésének leírására használják. Mi a légkörben található szén-dioxid mennyiségének csökkentésére utalunk vele. Van ugyanakkor egy még fontosabb oka is annak, hogy ezt a szót használjuk: egy olyan célt nevez meg, amely ez idáig hiányzott az éghajlatról szóló legtöbb diskurzusból. A kibocsátás kezelése, lassítása vagy megfékezése szükséges, de nem elegendő. Ha rossz úton járunk, akkor ezen az sem változtat, hogyha lassítjuk a tempót. Az emberiség számára egyetlen célnak van értelme, mégpedig hogy visszafordítsuk a globális felmelegedést. Ha pedig mi – legyünk szülők vagy gyerekek, tudósok vagy politikusok, avagy egyszerű földlakók – nem nevezzük meg a célt, kevés eséllyel valósíthatjuk meg.

Végül ott van a „globális felmelegedés" kifejezés. A fogalom története a 19. századra nyúlik vissza, amikor Eunice Foote (1856-ban) és John Tyndall (1859-ben) egymástól függetlenül leírta, hogyan fogják fel egyes gázok a légkörben a hőt, és változik meg az ilyen gázok növekvő koncentrációjától az éghajlat. A globális felmelegedés kifejezést először Wallace Broecker geokémikus használta a *Science* tudományos folyóiratban megjelent 1975-ös „Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?" (Éghajlati változás – Vajon határozottan a globális felmelegedés küszöbén vagyunk?) című cikkében. A cikket megelőzően a nem szándékos éghajlat-módosulás (inadvertent climate modification) kifejezést használták. A globális felmelegedés a Föld felszíni hőmérsékletére, az éghajlatváltozás pedig arra a sokféle változásra vonatkozik, amely a hőmérséklet és az üvegházhatású gázok mennyiségének növekedésével következik be. A Drawdown projekt méri és modellezi, hogy miként csökkentsük az üvegházhatású gázokat a globális felmelegedés visszafordításához.

– Paul Hawken

Az észak-kaliforniai Big Sur partszakasz a napnyugtát megelőző órák aranyló fényében. Jól illusztrálja az éghajlati rendszerünk működését: a légkör, az óceán, a szárazföld, valamint a flóra és fauna összjátékát.

A SZÁMOKRÓL

AMIT MAJD A KÖNYV LAPJAIN LÁTUNK

A *Visszafordítható* minden egyes megoldási javaslata mögött kutatási anyagok oldalainak százai és okos elmék által kidolgozott szigorú matematikai modellek állnak. Minden klímavédelmi megoldás egy bevezető résszel indul, amely történelmi, tudományos kitekintést tartalmaz, bemutatja a legjellemzőbb példákat, az elérhető legfrissebb információkat. A weboldalunkon, a leírásokhoz kapcsolódóan, további elmélyülést lehetővé tevő részletes technikai értékelést találhatnak olvasóink. Minden tételnél bemutatjuk a modellszámítások eredményeinek összefoglalóját, beleértve a megoldások rangsorát, amely az egyes javaslatok kibocsátáscsökkentési potenciál alapján elfoglalt helyét jelenti. Feltüntetjük, hogy hány gigatonna üvegházgáz kibocsátása előzhető meg, illetve mennyi távolítható el a légkörből, és azt is, mekkora a megoldás megvalósításának teljes többletköltsége, nettó költsége vagy – a legtöbb esetben – az ezzel járó pénzügyi megtakarítás. A modellek bemeneti adatai szakmailag ellenőrzött tudományos eredményekre támaszkodnak. Néhány területen, például a földhasználatban és a mezőgazdaságban alkalmanként utalunk anekdotikus, beszámolókból származó tényekre és számokra, a számításokban azonban nem használtuk fel ezeket.

A könyv végén egy összefoglaló táblázat mutatja be a megoldási javaslatok kombinált hatását, szektoronkénti bontásban.

A KLÍMAVÉDELMI MEGOLDÁSOK RANGSORA

A megoldási javaslatokat többféle módon lehet rangsorolni: aszerint, hogy mennyire költséghatékonyak; milyen gyorsan valósíthatók meg; vagy mennyire előnyösek a társadalom számára. Az eredmények értelmezésének ezek mind érdekes és hasznos módszerei. Ügyünk szempontjából a megoldásokat aszerint rangsoroljuk, hogy összesen mennyi üvegházhatású gáz kibocsátása kerülhető el általuk, vagy mennyi távolítható el a légkörből. A rangsorok a globális helyzetet fejezik ki. Az egyes megoldások relatív fontossága a földrajzi, gazdasági és ágazati viszonyok függvényében különbözhet.

A SZÉN-DIOXID-KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK GIGATONNÁI

Bár a sajtó a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésével foglalkozik a legtöbbet, nem ez az egyetlen üvegházhatású gáz. Az általunk mért, hőt csapdába ejtő többi gáz közé tartozik még a metán, a dinitrogén-oxid, a fluortartalmú gázok. Ezek hosszú távon hatnak a globális hőmérsékletre, attól függően, hogy mennyi és milyen sokáig van belőlük a légkörben, és mennyi hőt nyelnek el, illetve sugároznak vissza élettartamuk alatt. E tényezők alapján a tudósok ki tudják számolni e gázok globális felmelegedési potenciálját, ami lehetővé teszi, hogy „közös valutát” hozzanak létre az üvegházhatású gázok számára, bármely gáz szén-dioxid-egyenértékének meghatározására.

A *Visszafordítható* minden megoldási javaslata csökkenti az üvegházhatású gázokat, vagy a kibocsátás elkerülésével, vagy a már a légkörben található szén-dioxid megkötésével. Egy-egy adott megoldás üvegházhatású gázokra gyakorolt hatásának mértékét a szén-dioxid 2020 és 2050 között kiküszöbölhető gigatonnáiban fejezzük ki. Ezeket a számokat szén-dioxid-csökkenés címszó alatt tüntetjük fel minden egyes példában. Ezek együttese jelenti a teljes üvegházhatású gázmennyiség 2050-re elérhető csökkenését, egy nagyon keveset változó világot véve fix viszonyítási pontnak.

Mennyi is egy gigatonna? Hogy felbecsülhessük a nagyságát, képzeljünk el 400 ezer 50 m-es úszómedencét. Ez körülbelül egymilliárd tonna, azaz egy gigatonna víz. Most ezt szorozzuk be 36-tal: az eredmény 14 400 000 medence. Nos, 2016-ban a kibocsátott szén-dioxid mennyisége 36 gigatonna volt.

TELJES NETTÓ KÖLTSÉG ÉS MŰKÖDÉSI MEGTAKARÍTÁS

A könyv egyes klímavédelmi megoldásainak teljes költsége az az összeg, amely a beszerzésükhöz, bevezetésükhöz és működtetésükhöz szükséges 30 éven keresztül. Összevetve ezt azzal, amit élelemre, gépkocsi-üzemanyagra, otthonaink fűtésére és hűtésére stb. jellemzően költenénk, meghatároztuk az adott megoldási javaslat befektetésének nettó költségét, illetve az ebből eredő megtakarítás összegét.

Számításaink szándékosan rendkívül óvatosak. Ez azt jelenti, hogy a megoldásokkal kapcsolatos költségeket pesszimistán becsüljük meg, aztán pedig 2020 és 2050 között viszonylag állandó szinten tartjuk őket. Mivel a technológiák gyorsan változnak és a világ különböző részein eltérők lesznek, a tényleges költségeket alacsonyabbra, a megtakarítások összegét pedig magasabbra várjuk. A megoldási javaslatok azonban még ezzel az óvatos megközelítéssel is rendszerint nettó megtakarítást hoznak. Néhány megoldás költségét és megtakarítását azonban – ilyen egy konkrét esőerdő megmentése vagy a lányok oktatásának támogatása – nem lehet kiszámítani.

Mennyit vagyunk hajlandók költeni olyan eredmények elérésére, amelyek az egész emberiségnek hasznot hoznak? A könyv végén az összehasonlítás érdekében összefoglaljuk minden megoldási javaslat nettó költségét és a velük elérhető megtakarítás összegét. A nettó megtakarítások a megvalósult megoldások működési költségein alapulnak 2020 és 2050 között. Ez a számítás megadja a bemutatott megoldási javaslatok költséghatékonyságát. Ha mérlegeljük az előnyök, a lehetséges nyereség és megtakarítás, valamint a körülmények változatlansága mellett szükséges beruházások mértékét, a költségek jelentéktelenné válnak. A legtöbb megoldási javaslat megtérülési ideje viszonylag rövid.

HA AZ OLVASÓ TÖBBET SZERETNE MEGTUDNI

A könyvben bemutatott eredmények csak összegzik a megállapításaink alátámasztására végzett kutatásokat. Megközelítésünket és feltételezéseinket részletesebben ismertetjük „A módszertan” című részben. További információk találhatók a kutatásunkról, forrásainkról és következtetéseinkről a drawdown.org weboldalon.

A könyv olvasásakor nyilvánvaló lesz majd, hogy mennyire észszerűek ezek a megoldások, és mennyi erőt meríthetünk belőlük. A *Visszafordítható* nem holmi terjedelmes technikai kézikönyv, amely csupán azon szakértők számára érthető, akik életüket az e technológiákat megalapozó tudományoknak szentelték, hanem olyan könyv, amelynek célja, hogy megszólítson mindenkit, aki tudni szeretné, mit tehetünk együtt, közös erővel, és milyen szerepet vállalhatunk ebben mindannyian.

– Chad Frischmann

ENERGIA

Ez a rész az energiatermelésben a fosszilis tüzelőanyagokat felváltó technológiákra és stratégiákra összpontosít. Az alternatív energiaforrások, például a szél- és napenergia, amelyeket egykor alig vettek komolyan az energiaiparban, napjainkban, a korábbi előrejelzésekkel szemben, már versenyképesek a szénnel, a gázzal és az olajjal. A megújuló energiaforrások költségei továbbra is évről évre csökkennek, míg az új lelőhelyekről származó olajat, gázt és szenet jelentősen nehezebb kitermelni, ami megnöveli a fosszilis tüzelőanyagok költségeit. Kanada, Finnország és négy másik ország betiltotta a szén használatát, és további országok készülnek hasonló lépésre. A politikai célkitűzéseknek csodálatos erejük lehet, de hiányuk sem lassítja az áttérést a megújuló energiaforrásokra. Az Amerikai Egyesült Államok 2001-ben kihátrált a kiotói megállapodásból, de ez gyakorlatilag nem befolyásolta a megújulóenergia-ágazat növekedését. Ha valaki egy egész éven át az energiával kapcsolatos gazdasági adatokat tanulmányozza, ahogyan mi tettük, csak egyetlen kézenfekvő következtetésre juthat: az író Jeremy Leggett szavaival, a történelem legnagyobb energetikai átállásának kellős közepén vagyunk. A fosszilis tüzelőanyagok kora lejárt, az egyetlen kérdés csupán az, mikor lépünk át teljesen az új korszakba. Egy biztos: a közgazdaság-tudomány jelen állása szerint ez elkerülhetetlenül bekövetkezik – a tiszta energia már olcsóbb.

ENERGIA
SZÉLERŐMŰVEK

A szél tulajdonképpen soha nem „fúj”. A föld felszínének egyenlőtlen felmelegedése és a bolygó forgása miatt a levegő a magasabb nyomású területekről az alacsonyabb nyomású területekre áramlik: mozog a táj fölött, hasonlóan az apály-dagály váltakozásához a tengeren. Ez az áramlás nagy változásokat hoz magával: a szélenergia az elkövetkező három évtizedben a globális felmelegedés elleni kezdeményezések élvonalába tartozik majd, összhatását tekintve csak a hűtéssel kapcsolatos megoldások előzik meg.

Vegyük azt a 32 tengeri szélturbinát – mindegyik kétszer olyan magas, mint az amerikai Szabadság-szobor –, amelyet a Burbo Bank szélerőműpark kiegészítéseként helyeztek üzembe Liverpool partjainál, Angliában. Az energiaiparba meglepő módon belépő Lego játékgyártó tulajdonában álló Burbo szélfarm nemzetközi erőfeszítés eredményeként jött létre: a lapátokat az egyesült királyságbeli Wight-szigeten gyártotta egy japán cég dán ügyfelének, a Vestasnak. Minden turbina 8 megawatt villamos energia termelésére képes. A 82 méteres, 33 tonnás lapátokkal a szélkerék átmérője egy futballpálya hosszának közel kétszeresét teszi ki. A lapátok egyetlen fordulata egy háztartás napi teljes áramszükségletét fedezi. Összességében a projekt Liverpool mind a 466 ezer lakosa számára elegendő villamos energiát biztosít.

Napjainkban 314 ezer szélturbina a világ áramtermelésének 3,7%-át állítja elő, és ez az arány hamarosan a sokszorosára nő. Egyedül Spanyolországban tízmillió háztartást látnak el szélenergiával. Az offshore (tengeri) szélerőművekbe 2016-ban 29,9 milliárd dollárt ruháztak be, 40%-kal többet az előző évinél.

Az emberek már évezredek óta kihasználják a szél – szellők, széllökések vagy szélviharok – erejét, hogy leúsztassák rakományaikat a folyókon, aztán át a tengereken, vagy hogy vizet pumpáljanak és gabonát őröljenek. A legkorábbi feljegyzések szélmalmokról Perzsiában készültek, valamikor Kr. u. 500–900 között. A technológia a középkorban terjedt el Európában, és évszázadokon át a hollandok tették a legtöbbet a szélmalmok fejlesztéséért. Az 1800-as évek végére a feltalálók világszerte sikeresen alakították át a szél mozgási energiáját villamos energiává. A turbinák prototípusai megjelentek a skóciai Glasgow-ban, de Ohióban és Dániában is, az 1893-as chicagói világkiállításon pedig számos gyártót és tervet mutattak be. Az 1920–30-as években az Egyesült Államok középnyugati részének farmgazdaságaiban a szélturbina lett az uralkodó energiaforrás. 1931-ben Oroszország elindította a közüzemiszélenergia-termelést, a világ első 1 megawattos teljesítményű turbinája pedig 1941-ben Vermontban állt működésbe.

A 20. század közepén a fosszilis tüzelőanyagok kiszorították a szélenergiát. Az 1970-es évek olajválsága újra felkeltette iránta az érdeklődést, megindultak a beruházások, találmányok születtek. Ez az újjászületés nyitotta meg az utat a szélenergia-ágazat mai

RANGSOR ÉS VÁRHATÓ EREDMÉNYEK 2050-IG (SZÁRAZFÖLDI) #2

84,6 GIGATONNA CO_2-CSÖKKENÉS	1,23 BILLIÓ DOLLÁR NETTÓ KÖLTSÉG	7,4 BILLIÓ DOLLÁR NETTÓ MEGTAKARÍTÁS

RANGSOR ÉS VÁRHATÓ EREDMÉNYEK 2050-IG (TENGERI) #22

14,1 GIGATONNA CO_2-CSÖKKENÉS	545,3 MILLIÁRD DOLLÁR NETTÓ KÖLTSÉG	762,5 MILLIÁRD DOLLÁR NETTÓ MEGTAKARÍTÁS

fejlődése, a turbinák elterjedése, a költségcsökkenés és a magasabb teljesítmény elérése előtt. 2015-ben rekordmennyiségű, 63 gigawatt teljesítményű szélerőművet helyeztek üzembe szerte a világon, jóllehet a fosszilis tüzelőanyagok ára drámai mértékben csökkent. Egyedül Kína csaknem 31 gigawattnyi új kapacitást hozott létre. Dánia villamosenergia-szükségletének több mint 40%-át szélerőművekkel fedezi, Uruguayban ugyanez az arány meghaladja a 15%-ot. Sok helyen a szél versenyképesebb vagy kevésbé költséges, mint a szénalapú villamos energia.

Az Egyesült Államokban mindössze három állam – Kansas, Észak-Dakota és Texas – szélenergia-potenciálja az egész ország villamosenergia-szükségletét fedezné. A szélerőműparkok helyigénye nagyon kicsi, jellemzően legfeljebb 1%-át használják fel annak a területnek, amelyre épülnek, így a legeltetés, a gazdálkodás, a rekreációs vagy természetvédelmi tevékenység párhuzamosan folyhat az energiatermeléssel. Míg a turbinák villamos energiát, addig a farmerek lucernát és kukoricát termelnek. Sőt, egy szélerőműpark felépítése még egy évig sem tart, és máris elkezdi termelni az energiát és megtéríteni a befektetést.

A szélenergiának is megvannak a maga korlátai. Az időjárás nem mindenütt egyforma. A szél változékonysága miatt a lapátok egyes időszakokban nem forognak. Ugyanakkor ahol a szél- és a napenergia időjárásfüggő termelése kiterjedtebb földrajzi területen valósulhat meg, ott könnyebb leküzdeni a kereslet és kínálat ingadozásait. Az összekapcsolt hálózatok az energiát oda irányíthatják, ahol szükség van rá. A kritikusok azt állítják, hogy a szélturbina zajos, nem kellemes látvány, és olykor halálos veszélyt jelent a denevérekre és a vándormadarakra. Ezekre az aggodalmakra válaszul, az újabb fejlesztések már lassabban forgó szállapátokkal működnek, a szélmalmokat pedig úgy telepítik, hogy a vándormadarak útvonalait elkerüljék. A „ne az én kertem végébe” szindróma azonban a brit vidéktől a massachusettsi partokig továbbra is akadályt jelent.

A szélenergia terjedésének másik akadályát a méltánytalan állami támogatások jelentik. A Nemzetközi Valutaalap (International Monetary Fund, IMF) becslései szerint a fosszilisenergia-ipar 2015-ben több mint 5,3 billió dollárnyi közvetlen és közvetett támogatást kapott; ez percenként 10 millió dollárt vagy a globális GDP nagyjából 6,5%-át jelenti. A fosszilis tüzelőanyagok közvetett támogatásai közé tartoznak a légszennyezés, a környezeti károk, a torlódások és a globális felmelegedés okozta egészségügyi költségek, amelyek egyike sem hozható kapcsolatba a szélerőművekkel. Összehasonlításképpen, az Egyesült Államok szélenergia-ágazata 2000 óta 12,3 milliárd dollár közvetlen támogatást kapott. A túlméretezett támogatások miatt a fosszilis tüzelőanyagok látszólag olcsóbbak – ez elfedi a szélenergia költséghatékonyságát, és a fosszilis tüzelőanyagokat folyamatosan előnyhöz juttatja, ami vonzóbbá teszi az iparági befektetéseket.

A folyamatos költségcsökkentéssel a szélenergia hamarosan a kiépített villamosenergia-kapacitás legolcsóbb forrásává válik, akár már egy évtizeden belül. A szélerőművek jelenlegi kilowattóránkénti költsége 2,9 cent, a földgázüzemű kombinált ciklusú erőműveké 3,8 cent, a közüzemi méretű naperőműveké pedig 5,7 cent. A Goldman Sachs 2016 júniusában közzétett kutatási összefoglalója egyszerűen fogalmazott: „A szélenergia szolgáltatja a legolcsóbb új kapacitásokat.” A szél- és a napenergia számol a termeléssel kapcsolatos adókedvezményekkel is; a Goldman Sachs azonban úgy véli, hogy bár az adókedvezményeket 2023-ig fokozatosan megszüntetik, a szélerőművek költségeinek folyamatos csökkenése ezt ellensúlyozni fogja. A 2016-ban üzembe helyezett szélturbinákkal 2,3 centbe kerül az áram kilowattóránként. A Morgan Stanley egyik elemzése szerint az amerikai Közép-Nyugaton az új szélerőművek termelési költségei a földgázüzemű kombinált ciklusú erőművek költségeinek egyharmadát teszik ki. Végül pedig a Bloomberg New Energy Finance

Sportoló úszik a Sheringham Shoal tengeri szélerőműparknál, Norfolk partjainál, Angliában. A szélerőműpark 88 darab 3,6 megawattos Siemens turbinából áll, amelyek egy 36 km²-es területen helyezkednek el, 18 km-re a parttól.

kiszámította, hogy „a szél- és a naperőművek életciklusra vetített költsége alacsonyabb, mint az új, fosszilis tüzelőanyagokkal működő erőműveké". A Bloomberg előrejelzése szerint 2030-ra a szél lesz a világ legolcsóbb energiaforrása. (Ez a számítás nem tartalmazza a fosszilis tüzelőanyagok költségeit a levegő minősége, az egészségügy, a környezetszennyezés, a környezet károsodása és a globális felmelegedés szempontjából.)

A költségek azért csökkennek, mert a szélturbinák egyre magasabban működnek, ami azt jelenti, hogy hosszabb lapátokat használnak, szelesebb helyeken. Ez a kombináció több mint duplájára növeli egy adott turbina villamosenergia-termelő kapacitását. A szárazföldi turbinák nagyobbak lehetnek, mivel a szilárd talajon könnyebb összeszerelni őket, mint a vízen. Terveznek olyan 20 megawattos turbinákat, amelyek csúcsmagassága nagyobb az Empire State Buildingnél.

Berendezkedhet-e az Egyesült Államok teljesen szélenergiára? A Megújuló Energiaforrások Nemzeti Laboratóriuma (National Renewable Energy Laboratory, NREL) azzal számol, hogy mintegy 2 millió km^2-nyi terület alkalmas 40–50%-os kapacitáskihasználtság elérésére, ami több mint duplája az egy évtizeddel ezelőtti átlagos kapacitáskihasználtságnak. (Állandó szélsebesség mellett a turbinák névlegesen meghatározott mennyiségű áramot képesek előállítani, de a kapacitáskihasználtsági tényező figyelembe veszi a szélsebesség változását is az adott helyen.) Léteznek olyan módszerek és eszközök, amelyekkel az Egyesült Államok számára biztosítani lehetne a fosszilis tüzelőanyagok kivezetését és az energiafüggetlenséget. Ehhez gyakran hiányzik a politikai akarat és az elkötelezettség.

A szélenergia kongresszusi ellenlábasai a támogatásokat hánytorgatják fel, mondván, a szövetségi kormány lyukas hordóba önti a milliókat. Pedig ami a környezeti hatások társadalmi költségeit illeti, a szénenergia az igazi tékozló. A szén-dioxid-kibocsátás költségeinek különbségétől eltekintve – ami nulla a szél, és igen magas a fosszilis tüzelőanyagok esetében –, a támogatás melletti érvek a szél- és a fosszilis energia közötti vízhasználat különbségére sem hivatkoznak. A szélenergia 98-99%-kal kevesebb vizet használ fel a fosszilis tüzelőanyaggal előállított villamos energiánál. A szén-, a gáz- és a nukleáris energia rengeteg vizet igényel hűtésre, többet, mint a mezőgazdaság – évi 83–235 billió litert. A szövetségi kormány vagy a tagállamok jóvoltából sok fosszilis- és atomerőmű számára a víz „ingyen van", de ez sokkal inkább egy másik, el nem ismert támogatást jelent. A fosszilis tüzelőanyagra és a nukleáris energiára támaszkodó ágazatokon kívül ki más vételezhetne sok billió liter vizet az Egyesült Államokban úgy, hogy ne fizetné meg az árát?

Kínának mint a világ vezető szélenergetikai szereplőjének felemelkedése azt mutatja, hogy a szélenergia elterjesztésére irányuló következetes kormányzati elkötelezettség felgyorsíthatja a költségek csökkenését, különösen akkor, ha a kormányzati támogatás állandó, független a változó politikai széljárásoktól. A kiszámítható környezet alapvetően fontos az iparág fejlődéséhez. A szakpolitikai oldalon elő lehet írni, hogy a megújuló energiaforrásoknak mekkora legyen a részarányuk az energiatermelésben. Támogatásokkal, hitelekkel és adókedvezményekkel ösztönözhetik a szélerőmű-kapacitások építését és a folyamatos innovációt olyan technológiai területeken, mint a függőleges tengelyű turbinák és a tengeren kiépített rendszerek. Ahol a kormányok támogatják a szélenergiát, mint például az Európai Unióban, a politikai akarat nem tud lépést tartani a megújuló szélenergia növekedésével. Németországban 2015-ben a hálózat szűk keresztmetszetei miatt 4100 gigawattórányi, szélenergiával megtermelt áram ment veszendőbe – amely elengedő ahhoz, hogy egy évig fedezze 1,2 millió lakás áramszükségletét. Azokat az aggályokat, hogy a szél nem tud elég energiát biztosítani Európának, felváltják azok az aggodalmak, hogy a hálózatba integrálás, az áramtermelők és -szolgáltatók és az elosztott energiatárolási rendszerek nem tartanak majd lépést az igényekkel.

A szélenergia, a többi energiaforráshoz hasonlóan, része egy rendszernek. A növekedéséhez elengedhetetlen, hogy beruházzunk az energiatárolásba, az átviteli infrastruktúrába és az elosztott villamosenergia-termelésbe. A többletenergia tárolására szolgáló technológiák és infrastruktúra gyorsan fejlődik. Épülnek az áramvezetékek, hogy távoli szélerőműveket kössenek össze nagy áramfogyasztású területekkel. A világ számára a kérdés egyszerű: el kell dönteni, hogy a jövőbe fektessünk-e be vagy a múltba.

HATÁS: *Ha a világ villamosenergia-fogyasztásának jelenleg 3-4%-át kitevő szárazföldi szélerőművi termelés 2050-re 21,6%-ra nőne, a szén-dioxid-kibocsátás 84,6 gigatonnával csökkenne. A tengeri szélturbinák termelésének 0,1%-ról 4%-ra növelésével 15,2 gigatonna kibocsátás lenne elkerülhető. 1,8 billió dolláros összköltséggel a szélerőművek 30 év alatt 8,2 billió dolláros nettó megtakarítást hozhatnak. Ezek azonban konzervatív becslések. A költségek évről évre csökkennek, az új technológiai fejlesztéseket pedig már telepítik, ami növeli a kapacitást, hogy ugyanolyan vagy alacsonyabb költségek mellett több villamos energiát állítsanak elő.*

Egy szélerőműpark lapátjai felállítás előtt a görögországi Sztülidában

ENERGIA
MIKROHÁLÓZATOK

RANGSOR ÉS VÁRHATÓ EREDMÉNYEK 2050-IG #78

ALAPTECHNOLÓGIA – A KÖLTSÉGEK ÉS MEGTAKARÍTÁSOK BELEÉPÜLNEK A MEGÚJULÓ ENERGIÁBA

A „makro” (hagyományos) villamosenergia-rendszer egy hatalmas elektromos hálózat, amely a szolgáltatókat, az áramtermelőket, a tárolókat, valamint a keresletet és kínálatot a nap 24 órájában figyelemmel kísérő irányítóközpontokat összeköti az energiaforrásokkal. Bármit csatlakoztatunk is a konnektorba, ezt a központosított áramhálózatot, a nagy fosszilis erőművek által megtermelt villamos energiát használja, éjjel-nappal. Ennek a felállásnak akkor volt értelme, amikor az áramtermelés központosított formában történt. Ma ez a gyakorlat akadályozza a társadalom átállását a kevés helyen előállított környezetszennyező energiáról a mindenütt előállítható tiszta energiára.

Nézzük meg közelebbről a mikrohálózatokat (microgrids). A mikrohálózatok az elosztott (decentralizált), helyi energiaforrások, például a nap, a szél, a vízáramlás és a biomassza csokrait kötik egybe az energiatárolással vagy tartalék kapacitásokkal, valamint rendszerszabályozási eszközökkel. Ez a rendszer működhet önálló egységként, vagy a felhasználói igények szerint csatlakozhat a nagyobb hálózathoz. A mikrohálózatok a nagy áramhálózatok rugalmasan reagáló, hatékony mikrokozmoszai, amelyeket kisebb léptékű, változatos energiaforrásokhoz terveztek. A megújuló energiaforrások és a tárolás egyesítésével a mikrohálózatok megbízható áramforrásként szolgálnak: kiegészíthetik a központosított modellt, vagy vészhelyzet esetén tőle függetlenül működhetnek.

A rugalmas és hatékony elektromos hálózatok előtérbe kerülésében a mikrohálózatoknak kritikus szerepük lesz. A felhasználás helyéhez közeli energiatermelés csökkenti az átviteli és elosztási energiaveszteséget, így növelve a szállítás hatékonyságát a központosított hálózathoz képest. Amikor szenet égetnek, hogy felhevítsék a vizet, amellyel meghajthatják a turbinát az áramtermeléshez, az energia kétharmada hulladék hőként és hálózati veszteségként elvész.

Az áramhálózathoz kapcsolt régiókba telepített mikrohálózatok számos fontos előnyt kínálnak. Civilizációnk elektromosságfüggő; kritikus kockázatot jelent, ha áramszünet vagy -kimaradás miatt nem jutunk áramhoz. A fejlett országokban az efféle eseményekből évente több milliárd dolláros gazdasági veszteség keletkezhet. A kapcsolódó társadalmi költségek közé tartozik a fokozódó bűnözés, a közlekedési zavarok és a megromlott élelmiszerek, a dízelüzemű tartalék generátorok környezeti költségei mellett. A tanulmányok szerint, ahogy a villamos energia iránti általános kereslet tovább növekszik, részben a légkondicionáló berendezések és az elektromos járművek használata miatt, a meglévő villamosenergia-rendszerek sérülékenyebbé válnak, és gyakrabban fordulhatnak elő áramkimaradások. A helyi rendszerek sajátosságaként a mikrohálózatok rugalmasabbak, és jobban reagálhatnak a helyi igényekre. Zavar idején az olyan kritikus igényekre összpontosíthatnak, amelyek esetében szünetmentes szolgáltatásra van szükség (ilyenek például a kórházak), a nem kritikus igények kiszolgálását pedig csökkenthetik, amíg a megfelelő ellátás helyre nem áll.

A szegény országokban az előnyök még nagyobbak. Világszerte 1,1 milliárd embernek nincs hozzáférése az elektromos hálózathoz vagy a villamos energiához. Több mint 95%-uk él Fekete-Afrikában és Ázsiában, főként vidéken, ahol még mindig nagyrészt az igen szennyező petróleumlámpával világítanak, az ételeket pedig kezdetleges tűzhelyeken készítik el. Miközben a villamosítás és a társadalmi fejlődés kapcsolata egyértelmű, az előrelépések üteme mégis lassú, mert a hálózat kiterjesztése a távoli régiókba sokba kerül. Ázsia és Afrika vidéki területein a lakosságot a legjobban mikrohálózatokból lehet árammal ellátni (a távoli helyeken pedig szigetüzemű napenergia segítségével).

Napenergiára berendezkedett lakópark a németországi Freiburgban. Ez az 59 otthonból álló közösség az első a világon, amelynek pozitív az energiamérlege: minden otthon évi 5600 dollár nyereséget termel a napenergiával. A PlusEnergynek nevezett, rendkívül energiatakarékos lakásokat Rolf Disch építész tervezte.

A szegényebb vidéki térségekben mikrohálózatok létrehozása könnyebb, mint az energiában gazdag, magas jövedelmű területeken működtetni őket. Sok helyütt a nagy áramtermelők és -szolgáltatók üzleti modelljei nem kompatibilisek az elosztott energiával és a tárolással. Költségeik az áramtermelés és -szállítás elavulttá váló rendszerében nem térülnek meg. Ott, ahol a termelők és szolgáltatók ellenállnak, nem a technológia, hanem a monopólium a legnagyobb kihívás a mikrohálózatok számára. A két rendszernek kölcsönösen hatnia kell egymásra: a nagy hálózatoknak rugalmasabban kell alkalmazkodniuk a változó világhoz; a mikrohálózatoknak megbízható műszaki normákat kell elfogadniuk a hosszú távú sikerhez. A forradalmi technológiai változások korában észszerű volna, ha a két fél partneri viszonyra lépne egymással.

HATÁS: *A mikrohálózatok növekedését modellezzük olyan területeken, amelyek jelenleg nem jutnak villamos energiához. Megújuló energiaforrásokat használunk, mint a folyóvízi apró vízerőművek, a szélgenerátorok, a tetőre szerelt napelemek és a biomassza, elosztott energiatárolással párosítva. Feltételezzük, hogy ezek a rendszerek megakadályozzák a környezetszennyező energiaforrásokat hasznosító elektromos hálózat terjeszkedését, vagy az olaj- és dízelgenerátorok további használatát. Az üvegházgáz-kibocsátásra gyakorolt hatásokat az egyedi megoldásoknál vesszük figyelembe, hogy elkerüljük a dupla elszámolást. A mikrohálózati rendszerek előnyeit a gazdag országok számára a „rugalmas villamosenergia-rendszer” előnyei közé soroljuk.*

ENERGIA

GEOTERMIKUS ENERGIA

Aktív bolygón élünk. A mélyből folyamatosan felfelé, a földkéreg felé áramló hő tektonikus lemezmozgásokat, földrengéseket idéz elő, vulkánokat és hegyeket emel. A Föld belső hőjének körülbelül egyötöde ősi eredetű, bolygónk 4,6 milliárd évvel ezelőtti keletkezésekor esett csapdába. Az egyensúlyt a kálium, a tórium és az uránizotópok folyamatos radioaktív bomlása teremti meg a kéregben és a köpenyben. A termelt hőenergia mintegy 100 milliárdszor több, mint a világ jelenlegi energiafogyasztása. A geotermikus energia – szó szerint „földhő" – föld alatti gőz- és forróvíztárolókat hoz létre. A Yellowstone Nemzeti Park gejzírjei ikonikus bizonyítékai az alattunk fortyogó geotermikus kuktafazéknak, amelyből a forró víz időnként a szabadba tör, csakúgy, mint a tűz és jég országának, Izlandnak a hőforrásai.

A forró vizet és gőzt a hidrotermikus tározókból felvezethetjük a felszínre, és turbinákat hajthatunk meg vele, hogy villamos energiát termeljünk – erre először 1904. július 15-én, Olaszországban, Larderellóban került sor, amikor egy geotermikus gőzzel hajtott szerkezet, Piero Ginori Conti herceg találmánya, öt villanykörtének adott fényt. Több mint egy évszázaddal később a larderellói üzem még mindig működik. A világ 13 gigawattnyi geotermikus villamos energiájának jó részét a tektonikus lemezek határainál állítják elő, ahol a folyékony közegek valamilyen módon megjelennek a felszínen. További 22 gigawattnyi geotermikus hőt közvetlenül használnak távfűtéshez, termálfürdőkhöz, üvegházakhoz, ipari és egyéb célokra.

A geotermikus energia a Föld energiája, és függ a hőtől, a föld alatti tárolótól, valamint a víztől vagy gőztől, amely a hőt a felszínre hozza. Bár kiváló geotermikus körülmények bolygónk alig 10%-án találhatók, az új technológiák radikálisan növelik a kitermelés lehetőségét azokon a területeken, ahol korábban nem tudtak hasznosítható erőforrások jelenlétéről. Hagyományosan a hidrotermikus medencék helyének

A svartsengi („Fekete rét") geotermikus erőmű az izlandi Reykjanes-félszigeten – ez volt az első olyan geotermikus erőmű, amely egyaránt szolgálja a villamosenergia-termelést és a távfűtés melegvíz-ellátását. Hat különböző üzemben 75 megawatt villamos energiát állít elő – ez 25 ezer otthon ellátására elegendő. A „hulladék" forró vizet a Kék lagúna geotermikus fürdőbe vezetik, amelyet évente 400 ezer vendég látogat.

Védőruházatot viselő karbantartó mérnök javít egy olyan csőcsatlakozást, amely 105 °C-os gőzt enged ki magából.

meghatározása az első lépés; a felszín alatti erőforrások megtalálása azonban kihívást és komoly korlátot jelent. Nehéz meghatározni, hogy a tározók pontosan hol helyezkednek el, és a kiderítéshez használt fúrások sokba kerülnek. Az új kutatási technikákkal azonban nagyobb területek feltárása válik lehetővé.

Az egyik ilyen a továbbfejlesztett geotermikus rendszerek (enhanced geothermal systems, EGS) módszere, amely jellemzően mély, föld alatti üregeket céloz meg, és hidrotermikus medencéket alakít ki ott, ahol addig nem léteztek. Az EGS olyan területeket segít hasznosítani, ahol a hőmérséklet magas, de vizet nem vagy csak keveset tartalmaznak; emiatt vizet táplálnak be, ahelyett hogy csupán a természetes készletekre támaszkodnának. Az EGS eljárás nagy nyomású folyadék befecskendezésével szétrepeszti és feltöri, ezáltal vízáteresztőbbé és hozzáférhetőbbé teszi a forró kőzetet. A porózus kőbe vájt fúrólyukon keresztül azután vizet pumpálnak be, amely a föld alatt felmelegedve, egy másik lyukon visszatér a felszínre. Miután a villamosenergia-termelésben felhasználták, a fáradt vizet a vízbesajtoló kutak visszapumpálják a tározóba. Vagy például az izlandi Kék lagúna geotermikus gyógyfürdő a svartsengi erőmű fölöslegessé vált termálvizét használja fürdővíznek a helyi lakosok és a turisták számára. A cirkuláltatással a ciklus újra és újra megismétlődik.

Ezek az innovációk jelentősen növelhetik a geotermikus energia felhasználásának földrajzi kiterjedését, és bizonyos helyeken segíthetnek megbirkózni a megújuló energiaforrások egyik kritikus kihívásával: biztosítják az alaptermelést vagy az azonnal rendelkezésre álló áramot. Ha nem fúj a szél, a szélenergia elapad. A napenergia éjszaka pihenőt tart. A nap 24 órájában szünet nélkül áramló föld alatti erőforrásokkal a geotermikusenergia-termelés bármikor és szinte mindenfajta időjárás mellett lehetséges. A geotermikus energia megbízható, hatékony, és maga a hőforrás ingyenesen áll rendelkezésre.

A geotermikus energiában rejlő lehetőségek kiaknázása során a negatívumokkal is számolni kell. Akár természetes, akár mesterségesen bepumpált a víz és a gőz, oldható gázokat, köztük szén-dioxidot és mérgező anyagokat, például higanyt, arzént és bórsavat is feloldhat magába. A geotermikus energiának is van üvegházhatása, bár az egy megawattórára számított kibocsátása a szénerőművekhez képest csak 5–10%. A hidrotermikus medencék kimerítése a talaj süllyedését okozhatja, míg a hidrorepesztéses módszer (hydrofracturing) kisebb földrengésekkel járhat. További aggodalomra ad okot a földhasználat változása, amely zajszennyezést, kellemetlen szagokat és nem kívánt tájképi hatásokat okozhat.

A világ 24 országában ezeknek a hátrányoknak a kezelése nem volt hiábavaló, mert a geotermikus energia megbízható, bőséges és megfizethető villamos energiát képes biztosítani, és egész életciklusa során alacsony működési költségekkel jár. Salvadorban és a Fülöp-szigeteken a geotermikus energia az országos villamosenergia-kapacitás egynegyedét teszi ki; a vulkanikus Izlandon az egyharmadát. Kenyában az afrikai Nagy-hasadékvölgy alatti geotermikus aktivitásnak köszönhetően az ország villamosenergia-termelésének mintegy fele geotermikus, és egyre növekszik. Bár az Egyesült Államok teljes áramtermelésének kevesebb mint 0,5%-a származik a geotermikus erőművekből, ezek 3,7 gigawattos beépített kapacitása a legnagyobb a világon.

Van rá lehetőség, hogy még inkább és több helyen törekedjünk a geotermikus energia kiaknázására. A Geotermikus Energia Szövetség (Geothermal Energy Association) szerint 39 olyan ország van, amely a villamosenergia-igényének 100%-át lenne képes geotermikus energiából fedezni, most a világ geotermia-potenciáljának mindössze 6-7%-át hasznosítjuk. Az Izlandon és az Egyesült Államokban végzett geológiai felmérésekre alapozó elméleti számítások azt mutatják, hogy a felderítetlen geotermikus erőforrások 1-2 terawattnyi áramot, azaz a világ jelenlegi teljes fogyasztásának 7–13%-át lennének képesek biztosítani. Ez a szám azonban lényegesen alacsonyabb, ha a tőkeigényt, az egyéb költségeket és a korlátokat is számításba vesszük.

A geotermikus energia élharcosai mutatják a követendő utat. Hangsúlyozzák továbbá a kormányzati szerepvállalás fontosságát a termelés fejlesztésében. A geotermikus erőművek üzembe helyezése még alkalmas helyszín esetén is drága lehet. A fúrás különösen magas kezdeti költségekkel jár, főleg a bizonytalan, összetett geológiájú területeken. Ezért kiemelkedően fontos szerepet játszanak a bővítésben az állami beruházások, a termelésre vonatkozó nemzeti célok, valamint azok a megállapodások, amelyek garantálják az áram megvásárlását az áramtermelő vállalatoktól. Ezek az intézkedések mind hozzájárulnak a befektetés kockázatainak mérsékléséhez. A vadonatúj technológiák, például az EGS további fejlődése mellett elengedhetetlen a hagyományos geotermikus áramtermelés folyamatos fejlesztése is, különösen Indonéziában, Közép-Amerikában és Kelet-Afrikában, vagyis azokon a területeken, ahol bolygónk a legaktívabb, a „Föld hője” így bőséggel áll rendelkezésre.

RANGSOR ÉS VÁRHATÓ EREDMÉNYEK 2050-IG (SZÁRAZFÖLDI)

#18

16,6 GIGATONNA CO_2-CSÖKKENÉS	–155,5 MILLIÁRD DOLLÁR NETTÓ KÖLTSÉG	1,02 BILLIÓ DOLLÁR NETTÓ MEGTAKARÍTÁS

HATÁS: *Számításaink szerint a geotermikus energia részaránya a világ villamosenergia-termelésének 0,66%-áról 2050-re 4,9%-ra nő. Ezzel a növekedéssel 16,6 gigatonnával csökkenthető a szén-dioxid-kibocsátás mértéke, valamint 1 billió dollár energiaköltség-megtakarítás érhető el 30 év, 2,1 billió dollár pedig az infrastruktúra élettartama alatt. A geotermikus energia a bázisterhelés biztosításával támogatja a különböző megújuló energiaforrások bővítését.*