

4 Fyra sätt att kyla jorden

Genom att minska solens instrålning eller öka jordens reflektion minskar växthuseffekten, men det tar inte bort orsaken – koldioxid.

Rymdparasoll

Ett parasoll stort som Grönland i bana mellan solen och jorden blockerar solens strålning.



Artificiella vulkaner

Flera miljoner ton svavel sprids årligen i stratosfären, vilket minskar solens instrålning. Som vid ett vulkanutbrott.



Ökad molnbildning

Skepp sprejar vattenånga över havet, detta ökar molnbildningen, molnen i sin tur ökar jordens reflektion.



Färga land

Några procent av jordens yta görs ljusare med vita hustak och genom att plantera ljusa grödor.



EFFEKT

Mycket stor

...nedkylningseffekt på jorden

Relativt stor

Relativt stor

Mycket liten

RISKER

- Extremt dyrt.
- Oklar/negativ inverkan på växtlighet, regionala väderförhållanden och havsströmmar.
- Jordens skyddande ozonskikt kan skadas.
- Oklara effekter på vädret.
- Ändrat utseende på himlen.
- Oklara effekter på vädret, framför allt lokalt.
- Kan göra det lokala vädret sämre.
- Effekten är liten. För stor effekt krävs mycket stora landdyt.

FÖRDELAR

- Mycket effektivt, kan ensamt sänka jordens temperatur till förindustriella nivåer.
- Våldokumenterat. Vulkaner har denna effekt.
- Våldokumenterat. Naturliga moln har denna effekt.
- Enkel att genomföra.

KOSTNAD

- Extremt dyrt, över fyra tusen
- Mycket billigt. Några tiotals
- Relativt billigt i förhållande till
- Temperatursänkningen per satsad

grads temperatursänkning.

metoder.

NÄR

- Kan bli aktuellt om många tiotals årtionden – eller aldrig.
- Inom några år.
- Inom några år.
- Från i dag till om några år.

Klimatmanipulering är snart verklighet

SCIENCE FICTION PÅ RIKTIGT Artificiella vulkanutbrott i syfte att sänka temperaturen på jorden? Det kan bli verklighet inom några år, med risk för stora miljöproblem. Nu lyfts frågan om klimatmanipulering – av både FN:s klimatpanel och ett svenskt forskarteam från Linköping.

LINKÖPING År 2036, jordens medeltemperatur har stigit med ytterligare en grad. Isarna är mindre, tundran tinar och släpper ut metangas* i en allt snabbare takt.

Alla försök till globala klimatavtal har kraschat. Lokala initiativ till minskade utsläpp finns världen över, men globalt fortsätter utsläppen från olja och kol att öka. Situationen uppfattas som desperat och det vi tänker på som

science fiction blir oväntat verklighet. –Om läget ses som akut och tekniken finns tillgänglig är det inte otroligt att vi får se seriösa försök att använda den, säger Björn-Ola Linnér, klimatforskare vid Linköpings universitet, och listar möjligheter:

- ✗ Artificiella vulkanutbrott
- ✗ Rymdspeglar
- ✗ Koldioxidammugare

- ✗ Mekaniska träd
- ✗ Vitmålade tak
- ✗ Ljusare moln och hav

Teknisk manipulering av klimatet, på engelska kallat geoengineering, har gått från att vara en fråga forskarna knappt velat ta i – till att bli något som berör oss alla.

Så sent som 2007 uttryckte FN:s klimatpanel IPCC sin skepsis; tekniken är för omogen, för långt borta, för riskfylld. I dag har inställningen förändrats. I september presenterar organisationen sin femte rapport där frågan kommer att dryftas. I ett utkast som cirkulerar finns geoengineering som en punkt under hur klimatförändringarna kan begränsas.

Och vid Linköpings universitet drar ett forskarteam – det första i Sverige – nu i gång studier i klimatmanipulering. Hur uppfattar politiker, medier och allmänhet de många science fiction-liktande idéerna?

Hur reagerar vi då någon berättar om en två mil hög skorsten för svavelpartiklar?

Tekniksociolog Anders Hansson talar om just det. Tillsammans med Björn-Ola Linnér och Victoria Wibeck, som är kommunikationsforskare, ansvarar han för den helt färiska satsningen i Linköping. I universitetets fiket – de tre sitter i vanlig kontorsmiljö – beskriver han engagerat det 40-tal metoder som står till buds. Konstgjorda svavelutsläpp i syfte

”Det verkar finnas medvetenhet om det tragiska i att alternativen övervägs.”

☉ Vad gäller saken?

• **Nystartade** Linköping university climate engineering programme (LUCE) ska undersöka politik, forskning och kommunikation kring teknisk manipulering av klimatet. Pro-

grammet inkluderar även forskare från universitetet i Oxford och Nottingham. Det finansieras av Vetenskapsrådet och Formas med närmare 12 miljoner kronor.

• **Den 23-26** september i Stockholm presenterar FN:s klimatpanel första delen av sin femte rapport. För första gången kommer organisationen att på allvar beröra klimatmanipulering.

☉ Intressekonflikter, miljökritik och förtidsregn



Geoengineering som testats
KANADA En amerikansk affärsman dumpade 2012 100 ton järnsulfat utanför kusten för att plankton skulle blomma,

absorbiera koldioxid och därefter sjunka till botten. Projektet kritiserades av miljöörörelsen som befarade att försurningen kunde öka och ekosystemet rubbas.



STORBRI-TANNIEN Flera universitet och forskningsråd initierade 2010 ett projekt (Spice) i syfte att efterlikna vulkaners kylande effekt. Tanken var att med hjälp av en

jättestor ballong hänga upp en 25 kilometer lång slang som skulle föra ut svavelpartiklar till stratosfären. Försöket avbröts i fjol efter en intressekonflikt.

5 Fem sätt att fånga koldioxid

Orsaken till den ökande växthuseffekten, koldioxiden, tas bort. Effekten är långsammare än teknikerna som används för att kyla jorden.

CO₂ från biobränsle

Genom att elda biobränsle frigörs koldioxid som sedan lagras i marken. Nya träd planteras som sedan binder mer koldioxid.



Skogsplantering

Fler (än i dag) träd planteras. Träden binder koldioxid.



Ny jordbruksteknik

Odling av grödor som binder mycket koldioxid. Genförändring kan göra nya grödor till högbindande. Ny plöjningsteknik ökar markens koldioxidbindning.



Artificiella träd

Stora torn fångar in koldioxiden i luften och binder den. Koldioxiden lagras sedan i marken.



Havsgödning

Damm av järn, kväve eller fosfor sprids i haven – alger blommar och binder koldioxid. När algerna dör sjunker det bundna kolet.



KÄLLOR: THE ROYAL SOCIETY, BULLETIN OF THE ATOMIC SCIENTISTS, IPCC MED FLERA. Kunskapen om risker och klimatnytta är små och kostnadsuppskattningarna varierar mycket i den vetenskapliga debatten. GRAFIK: THOMAS MOLEN

Relativt stor

...nedkylningseffekt på jorden

Relativt stor

Liten

Liten

Liten

- Kräver stora landdyt.
- Lagringsplatserna kan läcka.
- Kräver stora landdyt.
- Det mesta av koldioxidupptaget sker tidigt i växtprocessen.
- Konkurrerar med jordbruksmark.
- Genetisk manipulering av grödor kan ge oförutsedda bieffekter.
- Torn och lagring tar mycket plats.
- Lagringsplatser kan läcka.
- Sammantaget relativt små risker.
- Stor risk för oväntade sideeffekter.
- Oklara effekter på ekosystemen.

- Teknikutvecklingen har redan kommit långt.
- Processen finns redan i naturen.
- Tekniskt enkelt.
- Försök att modifiera ris till att ta upp mer koldioxid har redan påbörjats.
- Använder ytor som redan odlas.
- Liten ekologisk påverkan jämfört med andra metoder för koldioxidinfångning.
- Försök har gjorts.
- Kan öka fiskbeståndet.

- Relativt billigt i förhållande till
- Relativt billigt i förhållande till
- Relativt billigt i förhållande till
- Dyrt. Kostsamma konstruktioner
- Relativt dyrt i förhållande till att

Kan bli aktuellt om något årtionde.

Något årtionde.

Från något till flera årtionden.

Några årtionden.

Något årtionde.

att sänka temperaturen på jorden hör till de mer omtalade och seriösa försök har redan inletts (se faktaruta).

Idén fick genomslag då man i början av 1990-talet såg att den filippinska vulkanen Pinatubos utbrott ledde till en global avkylning. Tanken är att svavelpartiklar skickas upp i stratosfären där de sedan ligger som ett skyddande hölje. Tekniken anses förhållandevis enkel och dessutom billig.

–Det skulle gå att genomföra inom några år. Gamla artilleripjäser eller jetflygplan kan användas för att få upp partiklarna. En forskare skrev om två mil höga skorstenar, men det är kanske inte lika rimligt, säger Anders Hansson. Artificiella vulkanutbrott an-

ses ha stor potential; tekniken ska kunna stå för så många graders sänkning som temperaturen på jorden kräver.

Hur stora riskerna är vet ingen. Forskare befarar att monsunregnen kan rubbas och ozonlagret skadas. Tekniken rör heller inte på den försurning av haven som höga utsläpp av koldioxid leder till. På det kommer en ständigt grå himmel och solnedgångar så röda som vi aldrig sett dem.

Exemplet med konstgjorda svavelutsläpp illustrerar också det politiska spel som kan bli verklighet. Åter till 2036, men ett scenario där endast östaten Maldiverna – på väg ned under vattenytan – finner situationen allvarlig nog:

–Formellt finns ingenting som hindrar dem från att ta saken i egna händer och skicka upp svavelpartiklar i stratosfären. Internationell lagstiftning saknas, trots att ett sådant agerande skulle påverka hela klotet, säger Björn-Ola Linnér.

Såg sedan att Maldiverna 30 år senare går bankrutt. Plötsligt upphör påflygnaden av svavelpartiklar i det täcke som ligger över jorden. Under de år som passerat har temperaturen visserligen hållits nere, men halten koldioxid i atmosfären har fortsatt att öka.

–Ingen vet vad som händer om man skulle bryta väldigt abrupt. Sannolikt blir läget allvarligare än om uppvärmningen skett gradvis, säger Victoria Wibeck.

Forskningen är ännu i sin linda och fullskaliga försök går av naturliga skäl inte att utföra. Den kanske mest spektakulära metoden – och en av de säkrare – skulle vara att skicka reflekterande speglar i omloppsbana runt jorden. Alternativet är en enda gigantisk skärm placerad lite närmare solen:

–Man talar om en storlek motsvarande Grönlands yta. Den skulle gissningsvis få tillverkas från månen, säger Anders Hansson.

Tyvärr är läget sådant att ju mindre riskfyllda teknikerna är, desto mindre tillgängliga är de också. Ändå – eller kanske just därför – menar många att forskningen måste fortgå.

Vetenskapsmännen talar om den dubbla risken. Att inte ha klimatmanipuleringens möjligheter att tillgå när katastrofen står för dörren vore ett högt spel. Men att använda tekniken kan också medföra fara då ingen vet vilka konsekvenserna blir.

I dag förespråkar få forskare geoengineering fullt ut. Desto fler ser det som ett nödvändigt ont:

–Det verkar finnas en medvetenhet om det tragiska i att alternativen över huvud taget övervägs. Men klimatmanipulation kan bli något vi tvingas använda mot vår vilja, säger Victoria Wibeck.

JENNY STIERNSTEDT
08-13 50 16, jenny.stiernstedt@svd.se



KINA Såg till att OS-invigningen i Peking 2008 och firandet av folkrepublikens

60-årsdag året därpå blev molnfria. Genom att skjuta tusentals raketer in i moln fick



Regnfri OS-himmel i Peking.

Ett 40-tal tekniker Delas in i två huvudkategorier:

1 CDR – Carbon Dioxide Removal. Går ut på att reducera koldioxid i luften. Exempel: Artificiella träd och koldioxidamm-

fungerande prototyper, i liten skala).

2 SRM – Solar Radiation Management. Att minska solens nedstrålning eller öka reflektionen från jordytan. Exempel: vitmålade tak, reflektorer i öken, till-

2006

skrev Nobelpristagaren Paul Crutzen – i ren desperation till följd av den globala uppvärmningen – en artikel om att vi kan bli tvungna att spruta svavelpartiklar i stratosfären för att reflektera tillbaka solens strålar. Med hans initiativ tog både debatt och forskning fart internationellt.