

Att stänga ute solen

Försöken att begränsa den globala uppvärmningen till under 1.5 C genom mindre utsläpp av växthusgaser ser ut att drunkna i krig och folkvandringar. Varför inte helt enkelt stänga ute solen genom konstgjorda moln eller paraplyer i rymden? Att tanken nu börjar tas på allvar visas av att Vita Huset nyligen har tillsatt en utredning om saken och att USA:s försvarsdepartement skall börja söka efter oseriösa geoingenjörer.

[cbc.com/2022/10/13/what-is-solar-geoengineering](https://www.cbc.com/2022/10/13/what-is-solar-geoengineering)
[America's defence department is looking for rogue geoengineers](https://www.dagensps.se/bors-finans/fuglesang-vill-ge-jorden-ett-parasoll/)
<https://www.dagensps.se/bors-finans/fuglesang-vill-ge-jorden-ett-parasoll/>
<https://acp.copernicus.org/articles/22/6135/2022/>
<https://theconversation.com/solar-geoengineering-might-work-but>

I hundratals år har man bränt olja och kol och avgaserna hindrar solvärmens att reflekteras tillbaka ut i rymden. Mer eller mindre i panik vill man nu hålla uppvärmningen under 1.5 C. Det kommer säkert inte att lyckas. Annat kommer hela tiden emellan. I Europa har ett bråk mellan två stater om var gränsen ska gå fått resten av kontinenten att kasta alla planer på minskade utsläpp i sjön, i USA anser stora delar av befolkningen att det inte är något problem överhuvudtaget, Indien och Kina är mest intresserade av att komma ikapp och afrikanerna är för många och vill ge sig av norrut.

Ett sätt att åtminstone minska många följder vore att hindra temperaturökningen på annat sätt. Vad händer om ett land som upplever de dåliga effekterna av klimatförändringarna - missväxt eller allvarliga översvämningar - börjar, ensidigt och i tysthet, att försöka ändra klimatet? Ett sådant projekt anser DARPA, en forskningsdel av USAs försvarsdepartement, är möjligt. Men det kan utlösa kaos, och inte bara av det meteorologiska slaget. Man har därför nyligen börjat betala för forskning om hur en sådan händelse kan hända, och hur man ska reagera på den.

Tanken på att stänga ute solen är inte ny. DARPA antar att ett försök till ensidig geoengineering skulle använda en teknik som kallas stratosfärisk aerosolinjektion (SAI). Detta skulle använda flygplan för att sprida svavelsyra eller svaveldioxid till den övre atmosfären för att bilda små sulfatpartiklar, som skulle reflektera solljus tillbaka ut i rymden. Till dags dato 2021 har det dock gjorts lite forskning om sådant och befintliga naturliga aerosoler i stratosfären är inte väl förstådda så det finns inget ledande kandidatmaterial. Aluminiumoxid, kalcit och salt är också under övervägande. Det verkar ändå som om injektion av stratosfärisk aerosol med måttlig intensitet skulle kunna motverka de flesta förändringarna av temperatur och nederbörd, träda i kraft snabbt och ha låga direkta kostnader.

Det skulle förmodligen fungera. Stora vulkanutbrott, som gör något liknande, har en mätbar effekt på globala temperaturer. 1991 års utbrott av Mount Pinatubo, till exempel, spydde ut tusentals ton svaveldioxid i stratosfären, vilket fick den globala temperaturen att tillfälligt sjunka med cirka 0.5 C. Kostnaderna kan dock vara betydande. Ett dåligt utformat SAI-program kan bryta ner ozon, en form av syre i stratosfären, som skyddar organismer inklusive människor från skadlig ultraviolett strålning. Nederbördsmonstren skulle också förändras, för svalare luft absorberar mindre fukt, och dessa effekter skulle utan tvekan variera från region till region. Ett annat problem är det sura regnet som skulle bli följden.

Det finns också ett prejudikat i fabriker som bränner fossila bränslen, särskilt kol. Kol har en del svavel som oxiderar när det förbränns, vilket skapar svaveldioxid, som stiger upp i luften. Den svaveldioxiden går igenom andra kemiska reaktioner



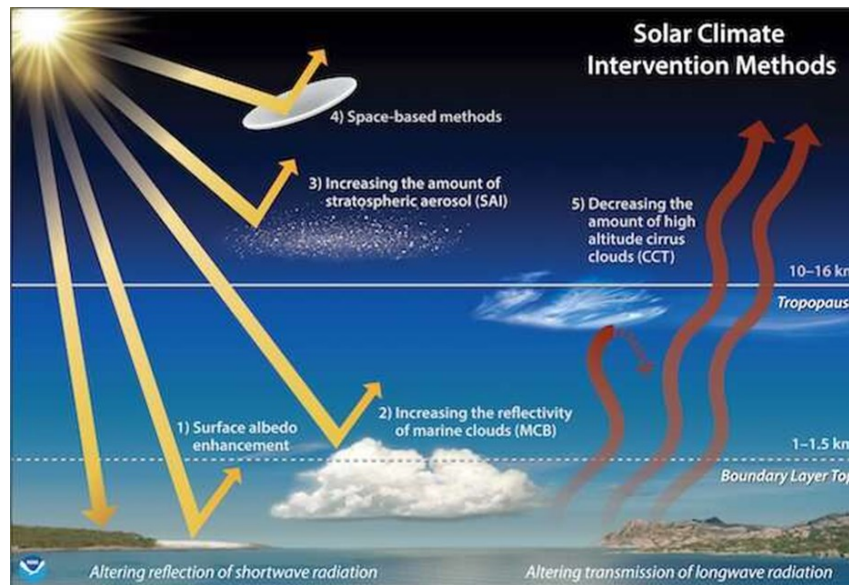
och faller så småningom till jorden som svavelsyra i regn. Men under den tid som svavelföreningarna är i luften fungerar de som en slags isolering från solens värme.

Ironiskt nog, om världen minskar kolförbränningen för att stävja koldioxidutsläppen som orsakar global uppvärmning, så kommer vi också att eliminera svaveldioxidutsläppen som följer en del av den uppvärmningen. Svavelföreningar som kommer ut från skorstenar just nu döljer mellan en tredjedel och hälften av uppvärmningen från de växthusgaser, som människor redan har släppt ut i atmosfären.

Det kanske mest relevanta är dock att SAI endast skulle tjäna till att dölja effekterna av växthusgaser snarare än att stoppa dem. Det medför risk för en "avslutningschock" för det injicerade sulfatet tvättas ständigt ur atmosfären i regn och snö. Avslutandet av ett program, särskilt ett långvarigt sådant, kan således orsaka en plötslig värmesvängning som är svårare att hantera än den befintliga, gradvisa, uppvärmningen.

Temperaturerna lokalt eller regionalt kan också fortsätta att öka eftersom stratosfärisk aerosolinjektion kan döljas av den naturliga variationen i jordens klimat. Forskning indikerar att partiellt absorberande aerosoler minskar kylningseffektiviteten per massaenhet injicerad aerosol, ökar underskottet i den globala nederbörden, fördröjer återhämtningen av det stratosfäriska ozonhålet, stör den normala svängningen i globala medeltemperaturer på ca 0,1 K och ökar vinterns nordatlantiska oscillation som är förknippad med översvämningar i norra Europa och torka i södra Europa.

Att sprida partiklar i atmosfären för att manipulera molnen och blockera solens strålar är alltså inte helt okontroversiellt. En första uppskjutning, som skulle skett från Esrange i Sverige sommaren 2021 som del av ett stort klimatexperiment, ställdes därför in.



Det finns flera typer av solljusreflektionsteknik som övervägs, förutom stratosfärisk aerosolinjektion, som att göra marina moln ljusare och förtunna cirrusmoln. Att göra marina moln ljusare innebär att öka reflektionsförmågan hos moln relativt nära havets yta med tekniker som att spruta havssaltkristaller i luften. Till skillnad från stratosfärisk aerosolinjektion är verkan bara lokal inom några dusin kilometer och skulle potentiellt bara vara några timmar till dagar.

Cirrusmolnförtunning innebär att tunna ut höga moln mellan 6 och 13 km för att tillåta värme att fly från jordens yta. Det är tekniskt sett inte en fråga om "solar geoengineering" eftersom det inte stänger ute solljuset, utan istället innebär att utsläppet av termisk strålning ökar.

En annan metod, som föreslagits av bl a den svenske astronauten Fuglesang, är att skicka ut farkoster med stora parasoll i rymden till en punkt mellan solen och jorden. Man skulle skicka upp farkoster med parasolldelar till gränsen för låg jordomloppsbanan (cirka 2000 kilometer), montera ihop parasollet och sedan navigera det till en jämviktspunkt för gravitationen mellan jorden och solen, vilket skulle ta 600 dagar.

Att skugga jordytan med ett segel som är minst två miljoner kvadratkilometer stort, tre gånger Sveriges yta, skulle kunna reflektera bort så pass mycket instrålning från solen att vi kan få en kort respa och längre tid att snickra på hållbara lösningar. Om man skuggar av en halv procent av solljuset som når jorden sänker man temperaturen med cirka en grad C. En första studie pekar på att kostnaden för ett dylikt system, som skulle bestå av miljontals "rimligt stora" farkoster, är mindre än en procent av uppskattad skadekostnad av temperaturhöjningen. Upphovsman till idén är Roger Angel, forskare på University of Arizona som föreslog ett stort skydd, eller "moln av farkoster" för skuggning redan 2006.

Idén om solljusreflektion dök upp först i en rapport från 1965 till president Lyndon B. Johnson. Tekniken har länge varit tabubelagd, men den har nu alltmer börjat ses som en plan B lösning ifall klimatpolitiska lösningar inte fungerar. Geoengineering i sig är i hög grad ett utforskat område och just solar engineering bedöms av forskare innebära stora risker för mänsklighet-

en, närmast oöverskådliga konsekvenser för jordens klimat- och ekosystem och risk för krig och konflikter kring vem som ska ha rätt att använda tekniken.

År 2021 släppte de amerikanska nationella akademierna för vetenskaper, teknik och medicin en rapport om ämnet solstrålningsmodifiering, inklusive stratosfärisk aerosolinjektion. Rapporten är skriven av en kommitté bestående av klimatforskare, ekonomer, jurister och andra. Gruppen kom fram till att USA borde finansiera forskning i ämnet eftersom konsekvenserna av modifiering av solstrålning fortfarande var dåligt förstådda.

Vita husets kontor för vetenskap och teknologipolitik startar nu en femårig forskningsplan för att studera sätt att ändra mängden solljus som når jorden för att tillfälligt mildra effekterna av den globala uppvärmningen. Forskningsplanen kommer att bedöma klimatinterventioner, inklusive sprutning av aerosoler i stratosfären för att reflektera solljus tillbaka till rymden, och bör innehålla mål för forskning, vad som är nödvändigt för att analysera atmosfären och vilken inverkan dessa typer av klimatgrepp kan ha på jorden, enligt Vita husets kontor för vetenskap och teknikutveckling.

Att minska utsläppen är grundläggande för att bromsa klimatförändringarna. Det mest direkta sättet att undvika osäkerheten i strategier för modifiering av solstrålning som stratosfärisk aerosolinjektion är att ta itu med grundorsaken till den globala uppvärmningen. Som dokumenterats av många vetenskapliga studier, kommer det att kräva en aggressiv minskning av utsläppen av koldioxid, metan och andra växthusgaser till atmosfären.

Men att forska är också viktigt eftersom många förväntar sig att någon stor nation, som står inför en aldrig tidigare skådad klimatkatastrof, kommer att agera ensidigt för att försöka någon version av solljusmodifiering även om den inte har studerats noggrant. Världen kommer inte att stå stilla och ledare kommer att känna sig tvungna att vidta åtgärder om de ser miljoner av sina medborgare dö av extremt väder. Genom forskning, som sprids offentligt, kan världen förstå för- och nackdelar och de bästa metoderna för framtida projekt.