

Det oövervinneliga måndammet

Det smutsar ner, nöter, repar och tränger in överallt. Måndammet kan ge astronauter lungskador och är ett av de största problemen för nya bemannade färder till månen. Samtidigt är måndammet ett historiskt arkiv som berättar om solsystemets historia och en möjlig källa till vatten och raketbränsle.

AV GABRIELLA STENBERG WIESER, ROMAIN CANU-BLOT & MARTIN WIESER

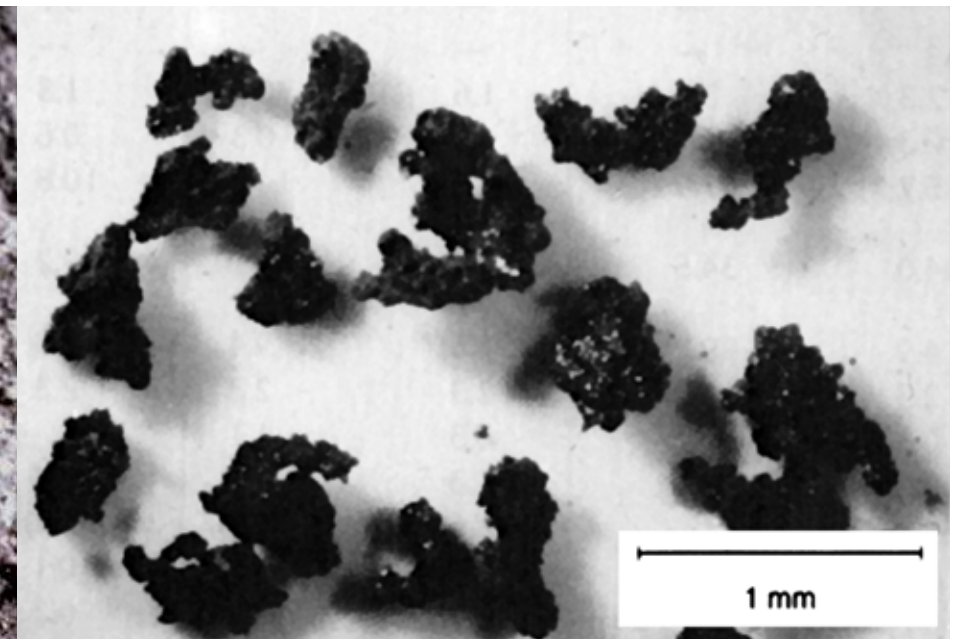




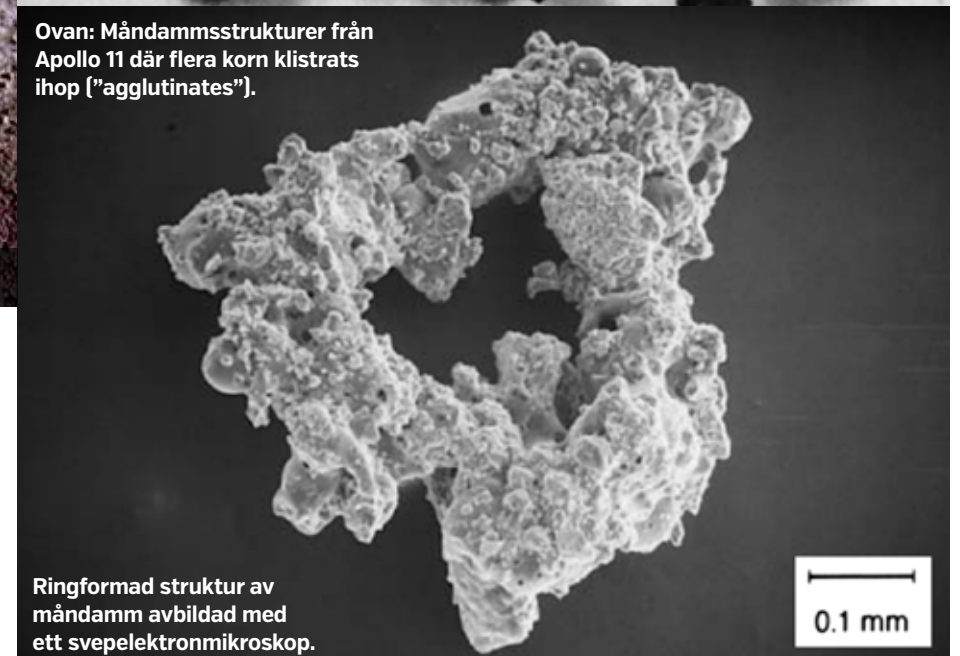
Apollo 17:s befälhavare Eugene Cernan täckt med måndamm efter en promenad på månens yta. Dammet var svårt att ta bort och spred sig överallt inuti månlandaren.



Buzz Aldrin tog bilden av ett fotsteg på månen under en månpromenad 20 juli 1969.



Ovan: Måndammsstrukturer från Apollo 11 där flera korn klistrats ihop ("agglutinates").



Ringformad struktur av måndamm avbildad med ett svepelektronmikroskop.

Astronauternas fötter lämnar tydliga avtryck i måndammet. De har bara varit på månytan några timmar, men deras rymddräkter är redan smutsiga. Måndammet går inte att borsta bort. De har försökt, men dammet sprider sig bara och fastnar överallt. Rymddräkternas vita färg gjorde dem bra på att reflektera bort solljuset för att förhindra överhettning. Det grå dammet har förändrat deras egenskaper och de är varmare än det var tänkt. Astronauternas tjocka handskar är slitna och ser ut som de har använts i årtal. Det vassa måndammet sliter ut dem på några få arbetsdagar. När astronauterna återvänder till månlandaren är det oundvikligt att en hel del damm följer med in och med det en lukt av bränt krut.

Vasst mjöl

Måndammet påminner om mjöl. Det består av små, små korn med en medelstorlek på några tiotals mikrometer – precis som fint pizzamjöl. Den som försöker knå-

da en deg av måndamm med bara händerna kommer dock att ångra sig. Måndammet är extremt torrt och kornen är vassa som glasskärvor. På månens yta finns inget vatten och inga vindar som kan slipa bort de skarpa kanterna och polera kornen runda som sandkornen på jorden.

Måndammskornen kan lätt laddas upp elektriskt, och det är det som gör att de fastnar på allt: rymddräkter, handskar, verktyg och vetenskapliga experiment. Det är extremt svårt att rengöra en nedsmutsad yta utan att förstöra den. Så fort kornen rör sig längs med ytan när någon torkar eller borstar så orsakar deras vassa kanter repor. Måndammet är ett perfekt slipmedel. Det är dessutom kemiskt hyperreaktivt; det reagerar med allt det kommer i kontakt med.

Astronauten Eugene Cernan, befälhavare för Apollo 17, uttryckte sig väldigt pessimistiskt kring problemen med måndammet i samband en teknisk utvärdering som gjordes 1973:

– Jag tror att damm förmodligen är ett av de största hindren för reguljär verk-

samhet på månen. Jag tror att vi kan övervinna andra fysiologiska, fysiska eller mekaniska problem – men inte dammet.

Fortfarande ett problem

Det är mer än 50 år sedan en människa senast vandrade på månens yta, men snart är det dags igen. Nya aktörer, både länder och privata företag, har utvecklat teknik som tillåter dem att satsa på bemannade expeditioner till månen.

Vår närmaste granne i rymden har en hel del att erbjuda. Nya månbasar kommer att ge framtida rymdfarare möjligheter att lära sig att leva på andra ställen än på jorden. Det raketbränsle som behövs för återfärden eller för en fortsatt resa kan tillverkas på plats. Månen kan vara en första anhalt på resor ännu längre bort från jorden och ett steg på vägen mot kolonier på Mars.

Trots att den tekniska utvecklingen har gått framåt på ett halvt sekel kommer måndammet fortfarande att vara ett problem för kommande månexpeditioner.

ner. Tekniska system med rörliga delar är särskilt känsliga. Hjulen på månilar och gångjärnen till luftslussarnas dörrar kommer snabbt att nötas ner. De raketmotorer som används vid starter och landningar kommer att blåsa iväg en massa vasst måndamm som kommer att blåstra allting i närheten.

Som en kolgruva

Astronauter kan inte heller helt undvika att ta med sig en del damm in i bostadsmodulerna. Från de sex landningar som gjordes inom Apolloprogrammet mellan 1969 och 1972 rapporteras om allergiska reaktioner på det finkorninga dammet. Det är inte så konstigt. Måndammet innehåller en stor del kiseldioxid som även är ett problem på jorden. Kvartsdamm, som förekommer inom bland annat bygg- och stenindustrin, består också av små partiklar med kiseldioxid som fastnar i lungblåsorna och kan ge upphov till så kallad stendammslunga (silikos). Ibland görs jämförelsen med arbetet i en kolgruva.

Måndammsparlören

■ MÅNREGOLIT

Ytlagret på månen som utgörs av allt löst material som ligger ovanpå berggrunden. Det består av sönderslagen berggrund och materialet från de meteoriter som slagit ner. Ytlagret på jorden och andra himlakroppar kallas också regolit.

■ MÅNDAMM

De minsta av de vassa regolitkornen. Kornstorleken är mindre än 0,05 mm.

■ "AGGLUTINATE"

Struktur som består av många hopklistrade måndammskorn. Klistret består av en typ av glas. Strukturerna är typiskt mindre än 1 mm stora.

”Jag tror att vi kan övervinna många andra problem på månen – men inte dammet.

Hur bildas måndammet?

■ **Berggrunden krossas när en stor meteorit slår ner på månytan.** Meteoritens rörelseenergi omvandlas till värme som delvis smälter de stenar som slagits loss från berggrunden.

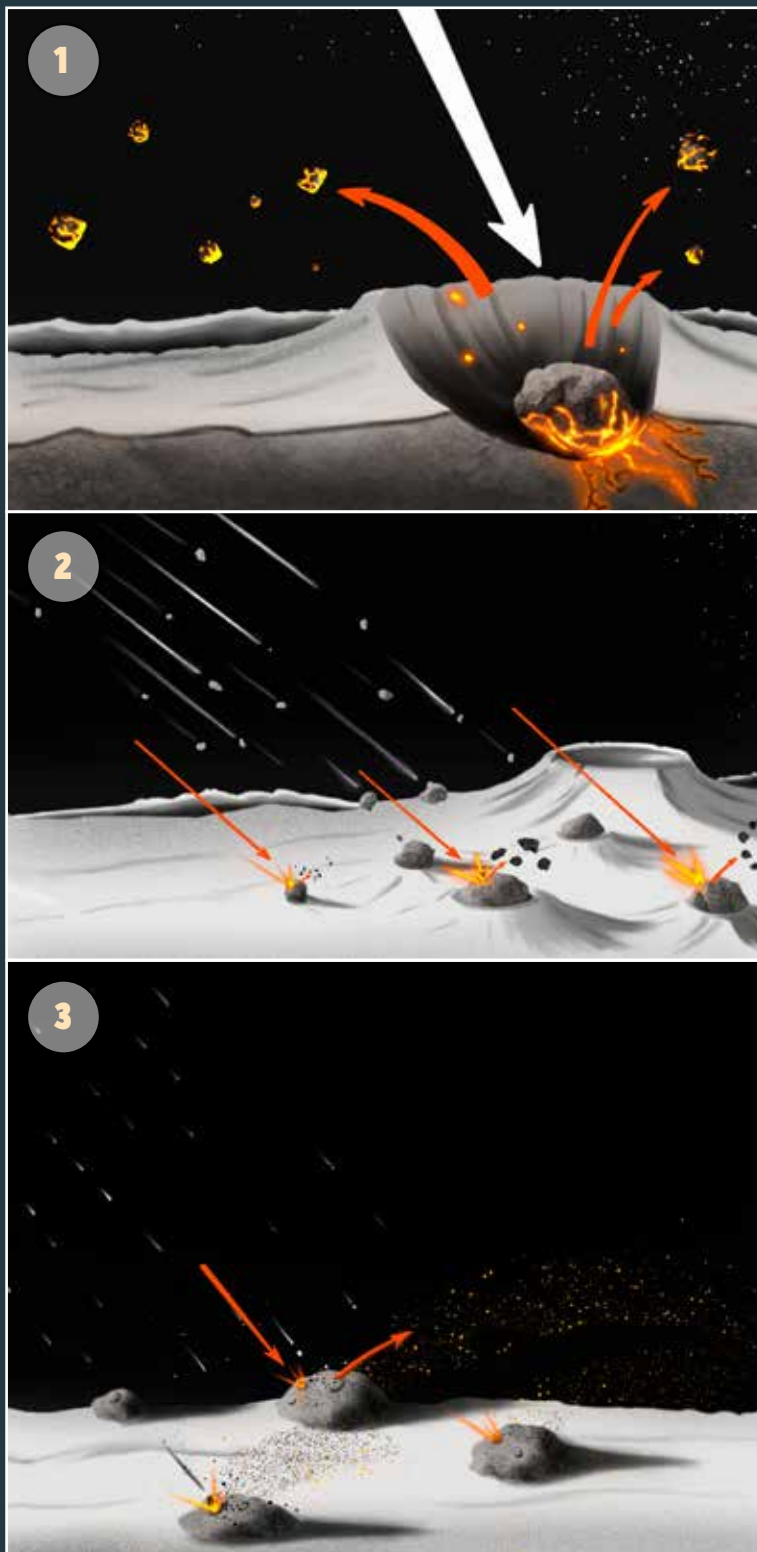
En stor krater uppstår när det sönderslagna och smälta materialet sprids åt alla håll. Stora stenar faller ner nära kratern medan små stenar och gruskorn flyger längre. Ett flera kilometer stort område omkring nedslagspunkten täcks av material från nedslaget.

■ **I nästa steg bearbetas det sönderslagna materialet ytterligare.** Mindre meteoriter – som är mycket vanligare – slår ner i området kring den stora kratern och pulvriserar månstenarna till mindre och mindre korn. Meteoritbombardemanget blandar om kornen många gånger.

Processen kallas *gardening* och påminner om hur en trädgårdsmästare vänder om jorden inför sådd eller plantering.

■ **Värmen vid meteoritnedslaget gör att korn klistras ihop med ett slags glasaktigt lim av smält sten.** Sådana strukturer är vanliga och utgör kanske 60–70 % av måndammet, men har aldrig observerats någon annanstans än på månen. För att de ska uppstå krävs meteoriter som slår ner med höga hastigheter i redan sönderslagen och finfördelad sten. De höga temperaturerna vid nedslaget, tillsammans med det låga trycket, möjliggör hopklistringen. Strukturerna kan därför endast bildas på himlakroppar utan atmosfär.

Materialet på månens yta kan bara blandas vid meteoritnedslag, och det tar därför väldigt lång tid. Men efter miljarder år täcker måndammet nu hela månens yta. Tjockast är lagret i månens höglänta områden där det kan vara 10–15 meter djupt.



BILDER: KATJA LINDBLOM

BILD: NASA



Apollo 17:s Harrison Schmitt täckt med måndamm under en promenad på månens yta.

Efter några timmars arbete på månytan liknade Apolloastronauterna gruvarbete – täckta med ett mörkt damm som var svårt att bli av med.

Ett historiskt arkiv

Men måndammet är inte bara ett problem; det innehåller också information om hur miljön kring månen varit genom solsystemets historia. Både solvinden, den vind av främst vätejoner och elektroner som kommer från solen, och den kosmiska strålningen av högenergetiska partiklar från vår galax lämnar spår hos de individuella kornen i dammet.

En stor del av de solvindspartiklar som träffar månen blir kvar i dammet som ett fingeravtryck. Den relativa mängden av olika ämnen och olika isotoper som finns på olika djup kan jämföras med de modeller som beskriver solsystemets utveckling. Under Apollofärderna användes speciella tunna folier för att under några dagar samla in solvindspartiklar. Folierna togs tillbaka till jorden och isotopsammansättningen av de insamlade ädelgasatomerna och jonerna bestämdes och skilde sig en hel del från vad som förväntades. Genom att systematiskt gräva sig ner till några meters djup i månens ytlager har forskare kunna bestämma solvindens sammansättning under den senaste miljarden år.

Måndammet är ett historiskt arkiv precis som borrhärdar från polarisarna eller trädringar. De spår som kosmisk strålning lämnat gör det möjligt också att uppskatta hur aktiv solen varit vid olika tidpunkter, eftersom strålningen modifieras av solens aktivitet. Analysen tyder på att solaktiviteten varit relativt konstant, men att sammansättningen ändrats med tiden.

Månen och jorden är så nära varandra att resultaten för månen också gäller för jorden. Från måndammet får vi alltså viktig information som kan användas för att förstå jordens historia och dess klimat bättre.

Vatten, raketbränsle och strålskydd

Både solvindens joner och mikrometeoriter bidrar till att skapa små partiklar av rent järn. Järnpartiklarna är inbakade i glaslimmet som håller ihop kornen och kan också hittas på ytan av individuella korn. Det fria järnet antas bildas när järnoxid från mineraler på månen reagerar med väte från solvinden som fastnat i dammet. Som biprodukt då bildas hydroxyl (-OH) eller vatten (H₂O). Månens yta är alltså inte helt torr! Vattnet som gömmer sig i måndammet skulle i princip kunna samlas ihop. Och om det, med hjälp av elektrolys, delas upp i syre och väte kan

det användas som raketbränsle. Det kan användas för resor tillbaka till jorden, men även i framtiden för att åka vidare, till Mars eller möjligen till en av de större asteroiderna. Syret kan förstås också användas till atmosfären inne i rymdbasen.

Framtida astronauter på månytan kommer att behöva skydd från strålningen. Effektiva strålskydd kräver stora mängder av material, så de måste byggas av sådant som redan finns på månen. Måndammet är en lokal råvara som borde kunna användas. Många strukturer bör kunna byggas med fjärrstyrda 3D-skrivare, på liknande sätt som hus på jorden idag kan skrivas ut i betong med en 3D-printer.

Tillbaka till månen

Det låter kanske som science fiction, men faktum är att det håller på att bli verklighet. Människan är på väg tillbaka till månen efter mer än ett halvt sekel. Amerikanska Nasa tänker landsätta astronauter på månen 2025 som en del i sitt Artemisprogram. Kina har också uttalat planer för en bemannad landning på månen innan 2030. Båda länderna har utsett området kring månens sydpol som landningsplats. Vissa kraterkanter där är alltid solbelysta (midnattsol), vilket är perfekt eftersom det då är möjligt att generera ström dygnet runt. Flera obemannade månfärder har nyligen genomförts och fler kommer inom de närmaste åren. Förutom USA och Kina har Indien och Esa, samt ett antal privata företag månfärder i sina kalendrar.

För alla som landar på månen och vill bedriva verksamhet där under mer än några timmar kommer måndammet fortfarande att vara ett stort problem. Det är väldigt svårt att på jorden skapa labmiljöer som liknar månen för att testa till exempel hur bra en månbil klarar längre expeditioner på månytan. Det finns helt enkelt inget material på jorden som har exakt samma egenskaper som måndamm. Kanske är enda vägen att åka dit och stegvis lära sig hantera miljön på plats. Troligtvis kommer astronauter på månen att klia sig i ögonen och nysa måndamm under lång tid framöver. ★

GABRIELLA STENBERG WIESER och **MARTIN WIESER** är forskare vid Institutet för rymdfysik, IRF, i Kiruna. **ROMAIN CANU-BLOT** är doktorand vid Institutet för rymdfysik, IRF, i Kiruna.

”Måndammet är inte bara ett problem – det innehåller också information om solsystemets historia.