

Hva ville ha skjedd med Jorda hvis Månen ikke hadde eksistert?

Øyvind Grøn

Bergen Astronomiske Forening

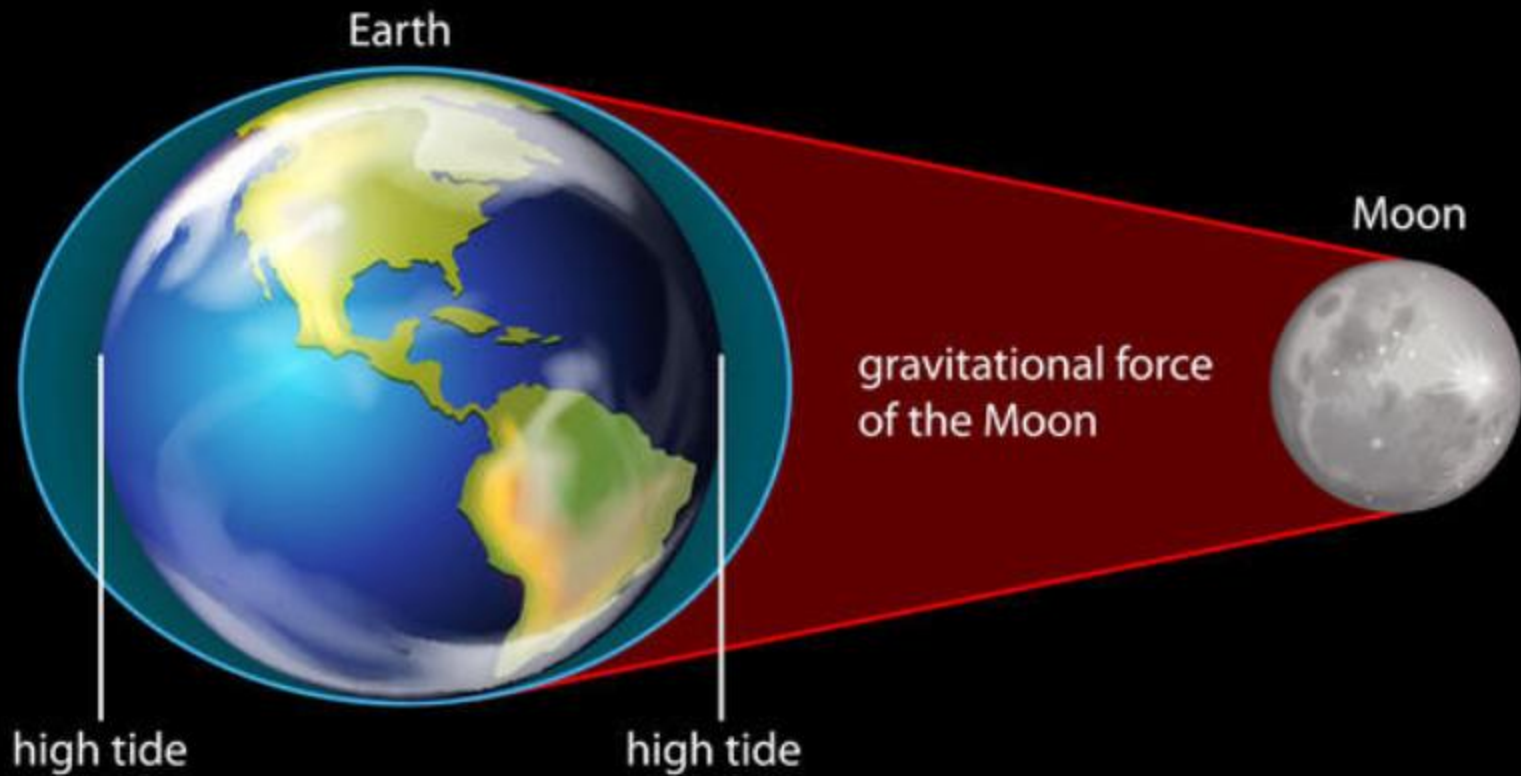
20. februar 2025

Uten Månen Ingen solformørkelser



Solformørkelse over Ny Ålesund på Svalbard

Tides Caused by Gravitational Force of the Moon



Tidevann

Dersom Månen ikke hadde eksistert ville tidevannet vært mye mindre – omtrent en tredjedel så høyt som nå.

Tidevannet er viktig for en del av livet langs kysten fordi det blander kystvannet.

Biologer sier at med lavere tidevann ville dyr som krabber, muslinger, blåskjell, sjøstjerner og snegler få problemer.

Dette vil igjen lage vanskeligheter for andre dyr som har kystdyrene som mat.

Tidevannet har også betydning for havstrømmene og dermed for jordas klima.

En del undersøkelser tyder også på at tidevannskrefter fra Månen påvirker jetstrømmen og arktisk klima.

Deklinasjonsvinkelen som sier hvor høyt Månen eller Sola står over horisonten sett fra ekvator.

Jordas ekvatorplan danner vinkelen 23,5 grader med Jordas baneplan rundt Sola.

Hvis Månen og Jorda hadde hatt samme baneplan. ville deklinasjonen til Månen variert fra minus 23.5 grader (under ekvatorplanet) ved vintersolverv til pluss 23,5 grader (over ekvatorplanet) ved sommersolverv.

Deklinasjonen er null de dagene Månen passerer ekvatorplanet.

Men månebanen heller omkring 5.1 grader i forhold til jordbanen.

Månens maksimale (og minimale) deklinasjonsvinkler varierer derfor regelmessig med en periode på 18.6 år.

Dette kalles (på engelsk) **the 18.6 year nodal cycle**.

Det har vært undersøkt om tidevannskrefter fra Månen påvirker Jordas arktiske klima (Harald Yndestad, Ålesund). Da ble det funnet små variasjoner med periode på 18,6 år i jetstrømmens breddegrad og andre størrelser som temperatur og hvor langt syd den arktiske isen strekker seg.

Dette betyr at Månen har betydning for det arktiske klimaet.

Men vi vet ikke nok til å kunne si hvordan det arktiske klimaet ville ha vært uten Månen.

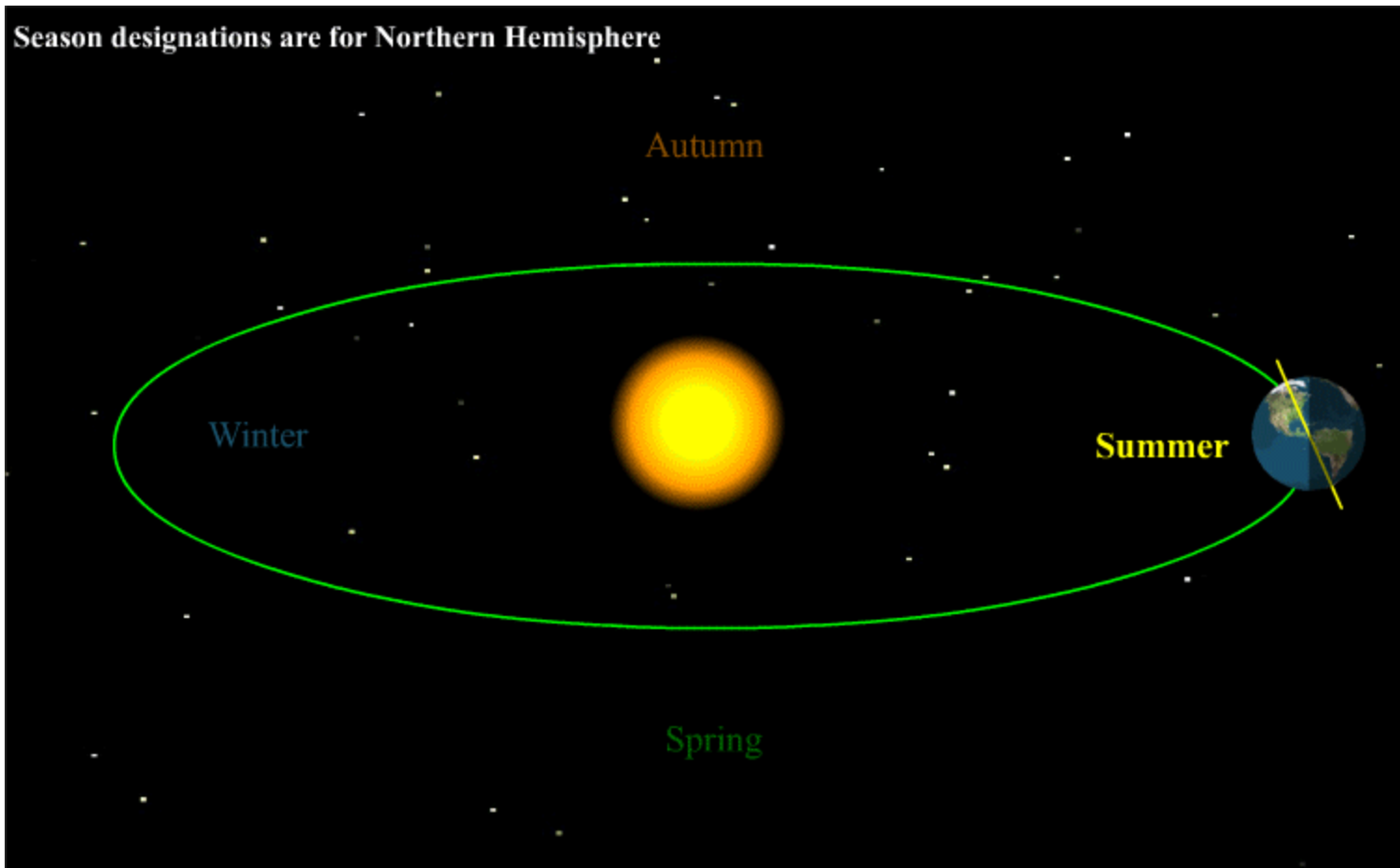
Årstidene

Uten Månen ville årstidene vært annerledes.

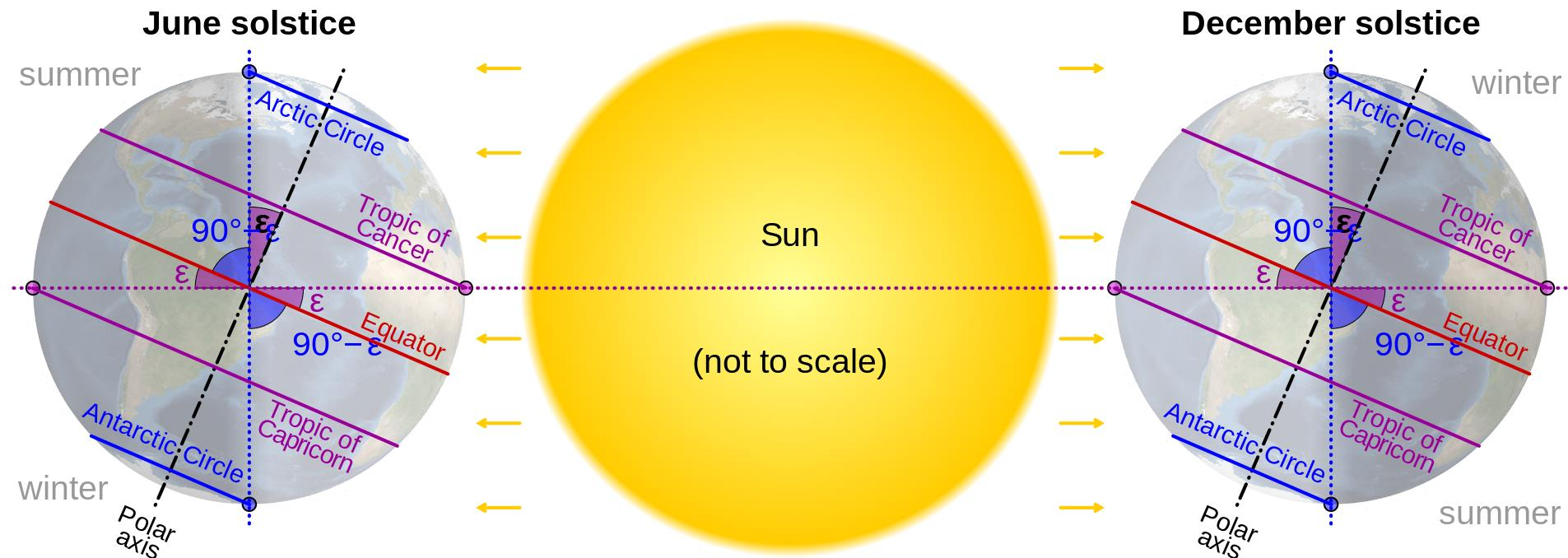
Vi opplever årstider på Jorda –

Vinter, vår sommer og høst,

fordi jordas rotasjonsakse ikke står vinkelrett på jordas baneplan.



Årstidene og helningen til Jordas rotasjonsakse



Opprinnelig ble Jorda dannet fra en protoplanetarisk skive av materie som roterte rundt Sola. Da roterte Jorda samme vei som skiven.

Jordas rotasjonsakse sto vinkelrett på baneplanet, og det var ingen årstider.

Så kolliderte et legeme kalt Theia – like stort som Mars – med Jorda.



Helningen av Jordas rotasjonsakse

Månen ble til noen hundre millioner år etter at Theia for omtrent 4,5 milliarder år siden, traff Jorda.

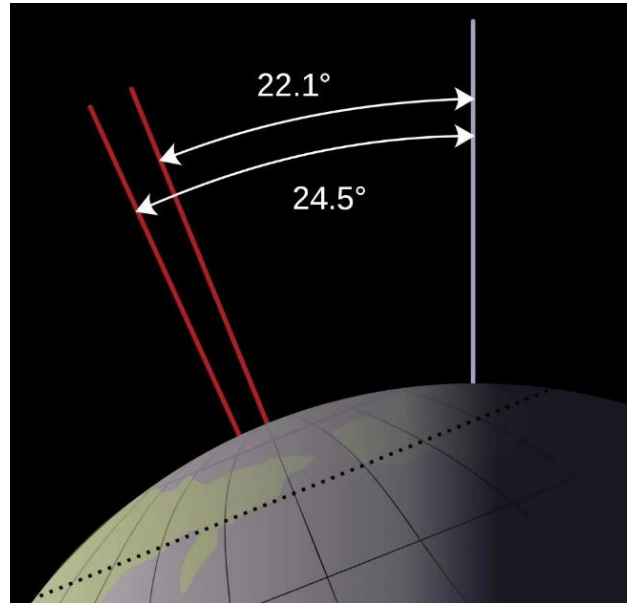
Den ytre delen av legemets masse pluss materie som ble slått ut fra Jordas overflate dannet først en ring rundt Jorda, og samlet seg etter noen hundre millioner år til Månen.

Ved denne store kollisjonen forandret Jordas rotasjonsakse retning. I noen hundre millioner år endret aksens orientering seg ganske mye. Men på grunn av Månens gravitasjon stabiliserte den seg etter hvert, og fikk helningsvinkelen $23,3$ grader med baneplanet som den har nå.

Jordas rotasjonsakse heller 23,3 grader i forhold til baneplanets normal.

Månen stabiliserer denne helningsvinkelen.

Vinkelen varierer mellom 22,1 og 24,4 grader.



Uten Månen ville helningsvinkelen variert mellom null og 90 grader.

Det ville gjort avansert liv problematisk på Jorda.

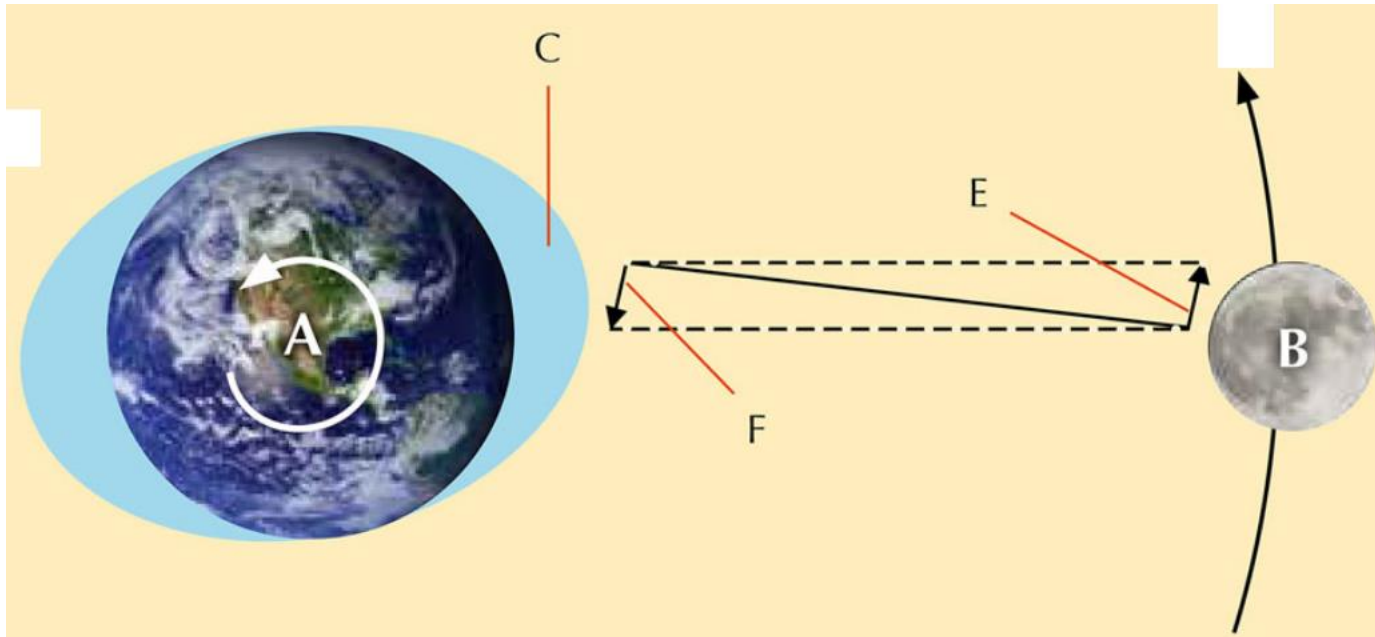
Mars, for eksempel, har to **små** måner.

Helningsvinkelen til Mars' rotasjonsakse

har variert mellom 10 og 60 grader.

Uten Månen ville Jorda kunne havnet i en situasjon med 6 måneders dagslys og 6 måneders natt – ikke bra for utvikling av liv.

Nebremsing av jordrotasjonen



Tidevannskraftene fra Månen

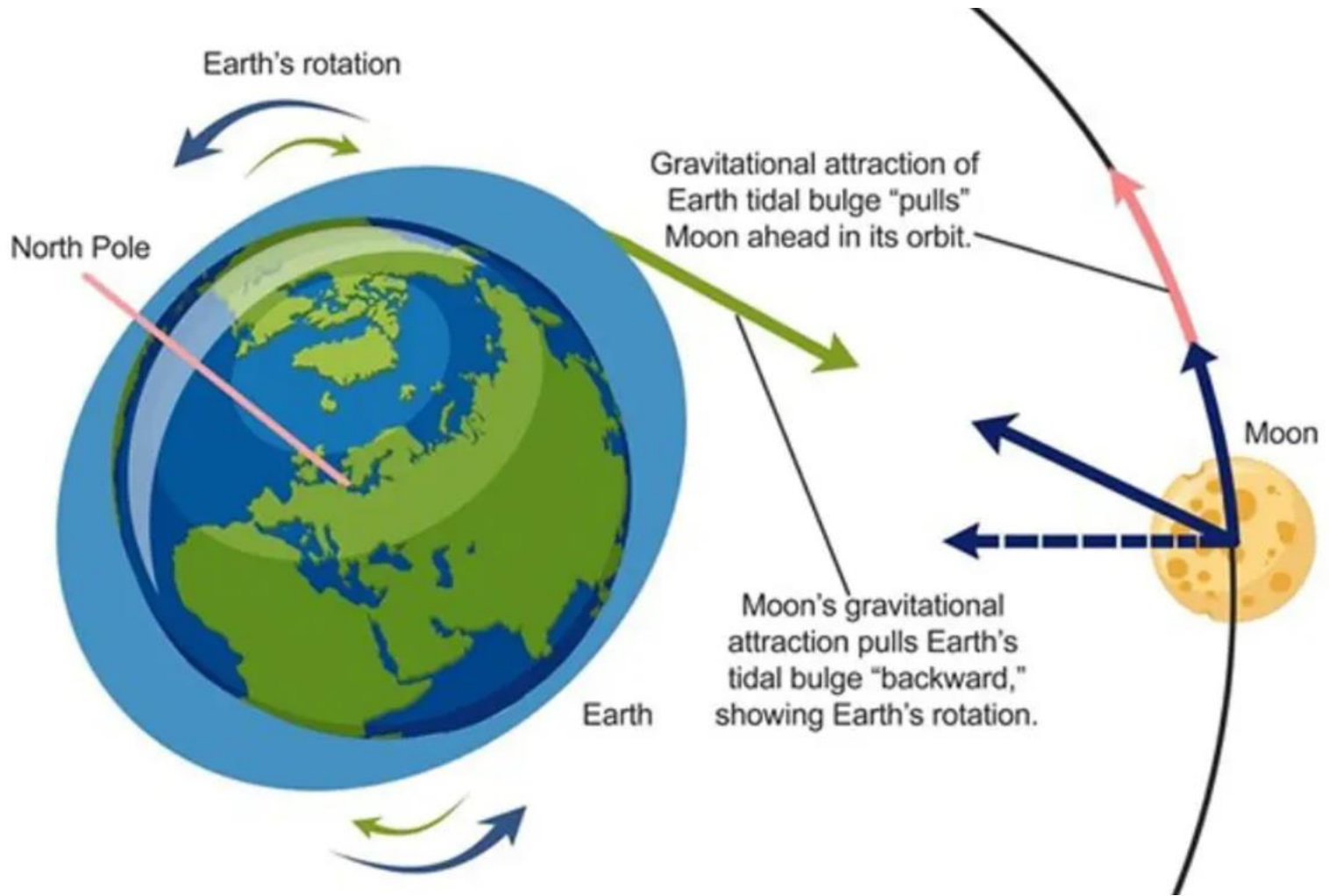
har bidratt til å sakke av Jordas rotasjon på to måter.

Den ene er at gravitasjonskraften fra Månen på Jordas tidevannsutbulinger har et **kraftmoment som bremser på rotasjonsbevegelsen.**

Den andre skyldes at Jorda roterer raskere enn retningslinjen til Månen. Dermed beveger tidevannsbølgen på Jorda seg i motsatt retning av jordrotasjonen, og det oppstår en 'friksjonskraft' som virker fra tidevannsbølgen på kystområdene.

Denne kraften er rettet mot jordrotasjonen og bidrar til å bremse den ned.

Den kalles derfor '**tidevannsbremsen**'.



Døgnets lengde

Tidevannskreftene fra Månen og Sola har bidratt til å sakke av Jordas døgnlige rotasjon.

Månen bidrar nå med omtrent det dobbelte av Sola, men bidro med en større andel før da den var nærmere Jorda.

Nye måleresultater med Lunar Laser Ranging har vist at døgnets lengde nå øker med 1,7 tusendels sekund per hundre år.

Det blir ca. 17 timer på 4 milliarder år.

Men denne endringsfarten ville døgnets lengde vært omtrent 6 timer da Jorda ble dannet for 4,6 milliarder år siden.

Men økningen av døgnets lengde var hurtigere før da Månen var nærmere Jorda.

**Døgnet varte kanskje bare
mellom to og fire timer
da Jorda ble dannet.**

Uten Månen ville vi nå hatt omtrent 8 timers døgn.
Vi ville hatt over tusen dager i året.

Men takket være Månen har Jordas rotasjon sakket av.
For en milliard år siden varte døgnet omtrent 20 timer.

Den siste milliarder år har døgnet lengde økt med 4 timer.
Om 200 millioner år vil døgnet lengde være 25 timer.

Månens dannelse og avstand fra Jorda

Studier av de radioaktive isotopene hafnium 173 og wolfram 182 har gitt informasjon om tidspunktet for den store kollisjonen som førte til at det ble slått løs materiale fra Jorda som først dannet en ring av støv som roterte rundt Jorda, og litt senere førte til dannelsen av Månen. Kollisjonen skjedde 60 millioner år etter at Jorda ble dannet for omtrent 4,5 milliarder år siden.

Månen ble dannet litt utenfor den såkalte Roche-grensen. Det er den minste baneradien en ansamling av materie som bare holdes sammen av sin egen gravitasjon, kan ha uten at den blir revet i stykker av tidevannskrefter.

Roche-grensen til Jorda er bare 3 ganger Jordas radius. Månen befinner seg nå 20 ganger lengre ute enn Roche-grensen.

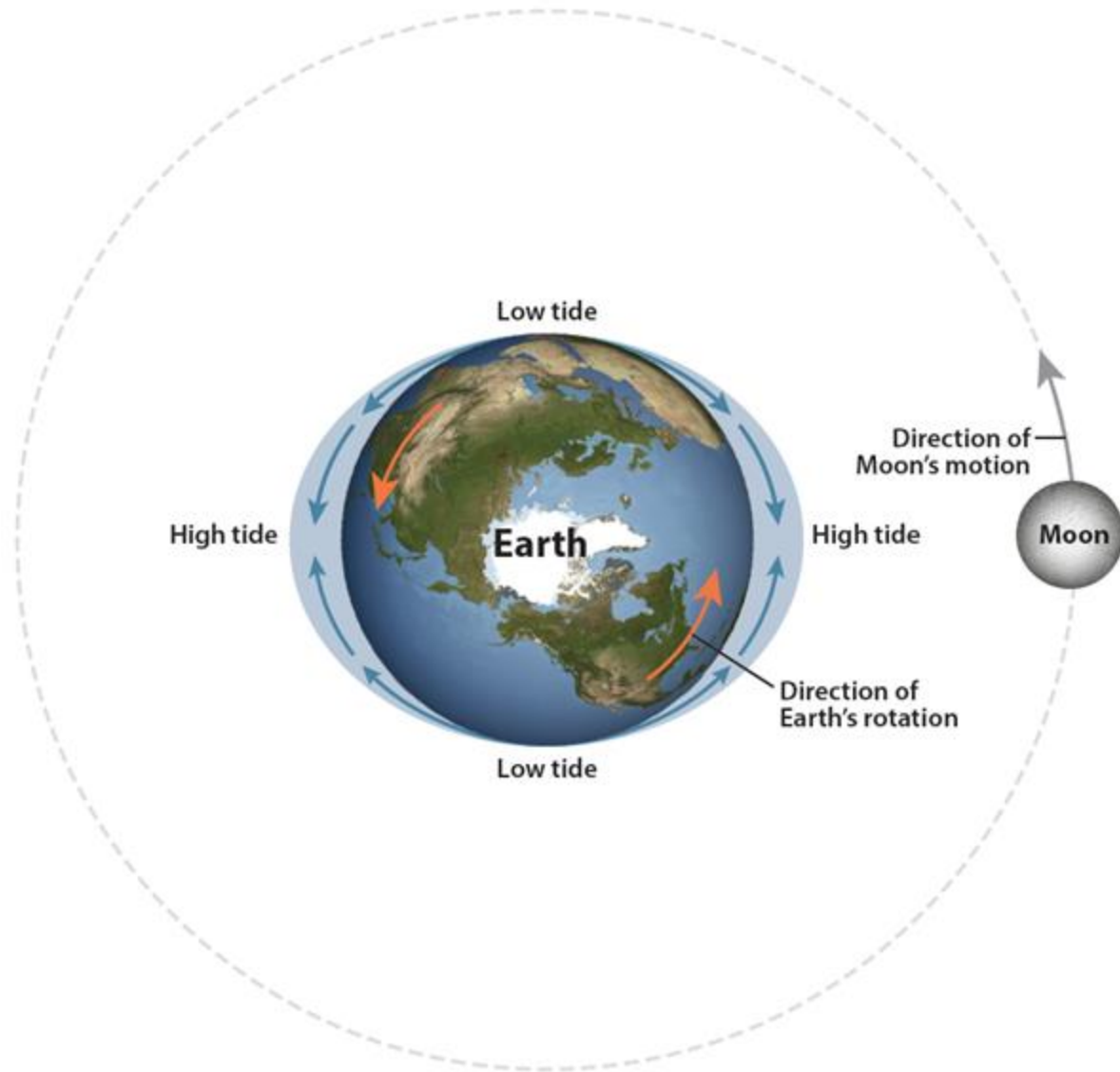
Månens avstand fra Jorda

I gjennomsnitt er sentrum av Månen 384 000 km fra jordas sentrum.

Men Månen beveger seg i en elliptisk bane rundt Jorda,
så dens avstand fra Jorda varierer litt.

Den varierer mellom 356 tusen km og 405 tusen km.

Siden Jorda roterer raskere enn Månen beveger seg rundt Jorda, er tidevannsbølgen på Jorda ikke rettet rett mot Månen, men ligger litt foran den. Dermed bidrar tidevannsbølgenes gravitasjon til å øke månens fart. Det gjør at Månens avstand fra Jorda øker langsomt.



Sammenlikning av
Månen nå (til venstre)
og hvordan den ville ha
sett ut fra jorda da den
var nydannet og
beveget seg rett
utenfor Roche-grensen
20 ganger nærmere
Jorda enn den er nå.



The Moon Viewed From Earth Through Time



Månens avstand fra jorda og banens periode da den ble dannet

Da Månen ble dannet var dens avstand fra jorda $1/20$ av den nåværende avstanden.

Ifølge Keplers 3. lov er kvadratet av banens periode, P , proporsjonal med baneradien, R , i tredje.

Det betyr at perioden kan beregnes fra formelen

$$P = \left(\frac{R}{R_0} \right)^{3/2} P_0$$

Her er R_0 og P_0 den nåværende radien og perioden.

Siden $(1/20)^{3/2} \approx 0,01$ var Månens periode bare $1/100$ av den nåværende perioden på 30 døgn da den ble dannet, det vil si omtrent 7 timer.



Our moon has been slowly drifting away from Earth over the past 2.5 billion years

Published: October 10, 2022 1:59pm CEST

Endringer av Månens avstand fra Jorda

Radarmålinger har vist at Månen fjerner seg 3.8 cm per år fra Jorda, dvs. 3,8 km på hundre tusen år.

Månen er nå 384 tusen km fra Jorda.

Med den nåværende hastigheten ville Månen ha brukt 10 milliarder år på å bevege seg denne avstanden.

Månen hadde mindre avstand fra Jorda før.

Økningen av Månens avstand fra Jorda skyldes tidevannskrefter fra Jorda på Månen.

I tidligere tider, da Månen var nærmere Jorda, var tidevannskreftene på Månen sterkere enn nå, og Månen fjernet seg raskere fra Jorda.

Om ca. fem milliarder år omdannes Sola til en rød kjempe. Da er Månen omtrent 190 000 km lengre vekk fra Jorda enn nå. Trolig vil da både Jorden og Månen bli slukt av Sola.

Månens betydning for utvikling av liv på Jorda – enormt tidevann

Som nevnt ble Månen dannet fra en ring av materie
20 ganger nærmere oss enn den er nå.
Jorda roterte da så raskt at døgnet bare varte 7 timer.

Tidevannskraftene varierer
omvendt proporsjonalt med avstanden i tredje.
Så da avstanden var en tidel av det den er nå,
var tidevannskraftene tusen ganger sterkere.

Døgnet var litt over 8 timer langt.

Da flommet enorme tidevannsbølger over land hver fjerde time.

Fjell ble pulverisert til sand og dradd med ut i havet.

Viktige mineraler for utvikling av liv ble avsatt på havbunnen.

Månen har trolig hatt avgjørende betydning for utvikling av liv på Jorda.

Uten Månen hadde kanskje Jorda vært uten mennesker.

Døgnets varighet ved ulike stadier av livets utvikling

De første mikroskopiske formene av liv oppsto under vann for 3,5 milliarder år siden omtrent en milliard år etter at Jorda ble dannet.

Da var døgnets lengde 12 timer – halvparten av hva det er nå.

Livet kom opp på land og det oppsto
fotosyntese og produksjon av oksygen

omtrent en milliard år senere – for 2,5 milliarder år siden.

Da varte døgnet i 18 timer.

Flercellet liv oppsto for omtrent 1,2 milliarder år siden.

Døgnet hadde da en varighet på 23 timer.

De første menneskene oppsto for omtrent 4 millioner år siden.

Da var døgnet omtrent 24 timer langt.

Døgnets lengde øker nå med 17 sekunder per million år.

Månen og platetektonikk

I en artikkel publisert i Space Daily i 2001 skriver Nick Hoffmann om platetektonikken –

at det oppsto kontinentalplater som beveger seg i forhold til hverandre.

Han argumenterer for at platetektonikken ble gjort mulig av den store asteroidekollisjonen med Jorda.

Den fjernet en del av jordas materie og laget en kjempemessig grop i Jorda.

Det globale ytre skallet på Jorda sprakk opp, og det ble dannet kontinenter som beveget seg i forhold til hverandre. Der kontinentalplater kolliderte med hverandre oppsto fjellkjeder som Andesfjellene og Himalaya.

Hvis ikke dette hadde skjedd ville Jorda vært mye flatere, og mesteparten av jorda hadde vært dekket av hav.

Liv på land ville neppe ha utviklet seg.

Klima uten Månen

Uten Månen ville Jorda ha rotert raskere.

Det ville ha ført til at vindene på Jorda hadde vært mye kraftigere.

På Jupiter, for eksempel, som har et døgn på 10 timer, er vindhastighetene mellom 150 og 300 km per time.

For 3 milliarder år siden,

da livet på jorda var i ferd med å dannes,

ville døgnet ha vart i omtrent 8 timer uten månen.

Vindhastighetene ville hele tiden vært omtrent 150 km/time.

Dette er ugunstig for utvikling av avansert liv.

Lagdelte fjell i Australia tyder på klimaendringer



Klimaendringer, Milankovich sykluser og Månen

Studier av lagdelte fjell i Australia tyder på klimaendringer på Jorda.

Forskerne som utførte studiene, antydnet at

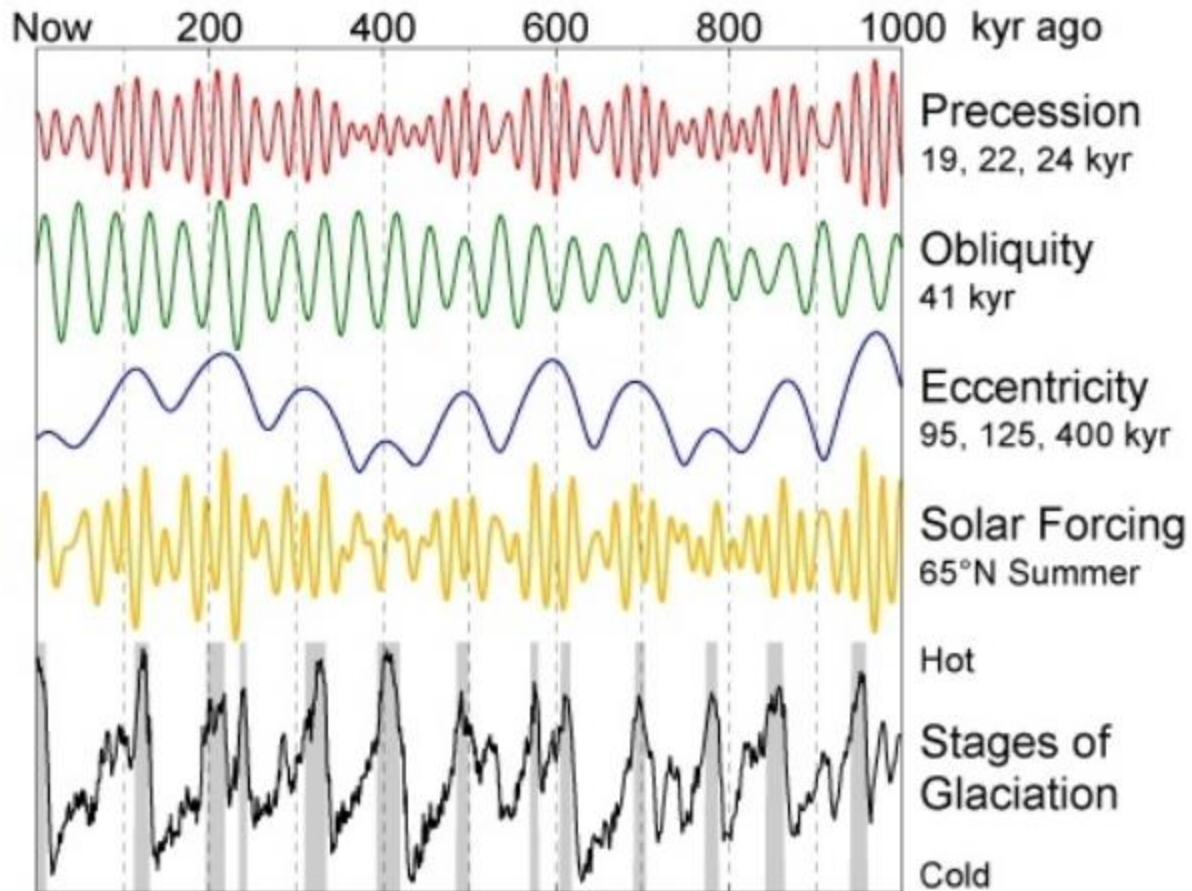
Klimaendringene kan være relatert til **Milankovich syklusene**.

https://science.nasa.gov/wp-content/uploads/2023/11/94_card_with_border.m4v

De dreier seg om 4 fenomener:

- At jordaksen har en kjegleformet bevegelse som minner om bevegelsen til en snurrebassakse når rotasjonsfarten til snurrebassen avtar (aksens presesjonsbevegelse). Den har en periode på 26 000 år.
- At helningsvinkelen til jordens rotasjonsakse i forhold til baneplanet varierer. Denne bevegelsen har en periode på omtrent 40 000 år.
- At eksentrisiteten til Jordas ellipsebane (hvor avlang den er) rundt Sola varierer med en periode på omtrent 400 000 år. Vi er nå i en fase med nær sirkulær bane.
- Ellipsebanen roterer (kalt banens presesjonsbevegelse) med en periode på godt og vel 100 000 år.

Milankovitch cycles. Source: UCAR



Milankovitch cycles over the past 1 000 000 years.

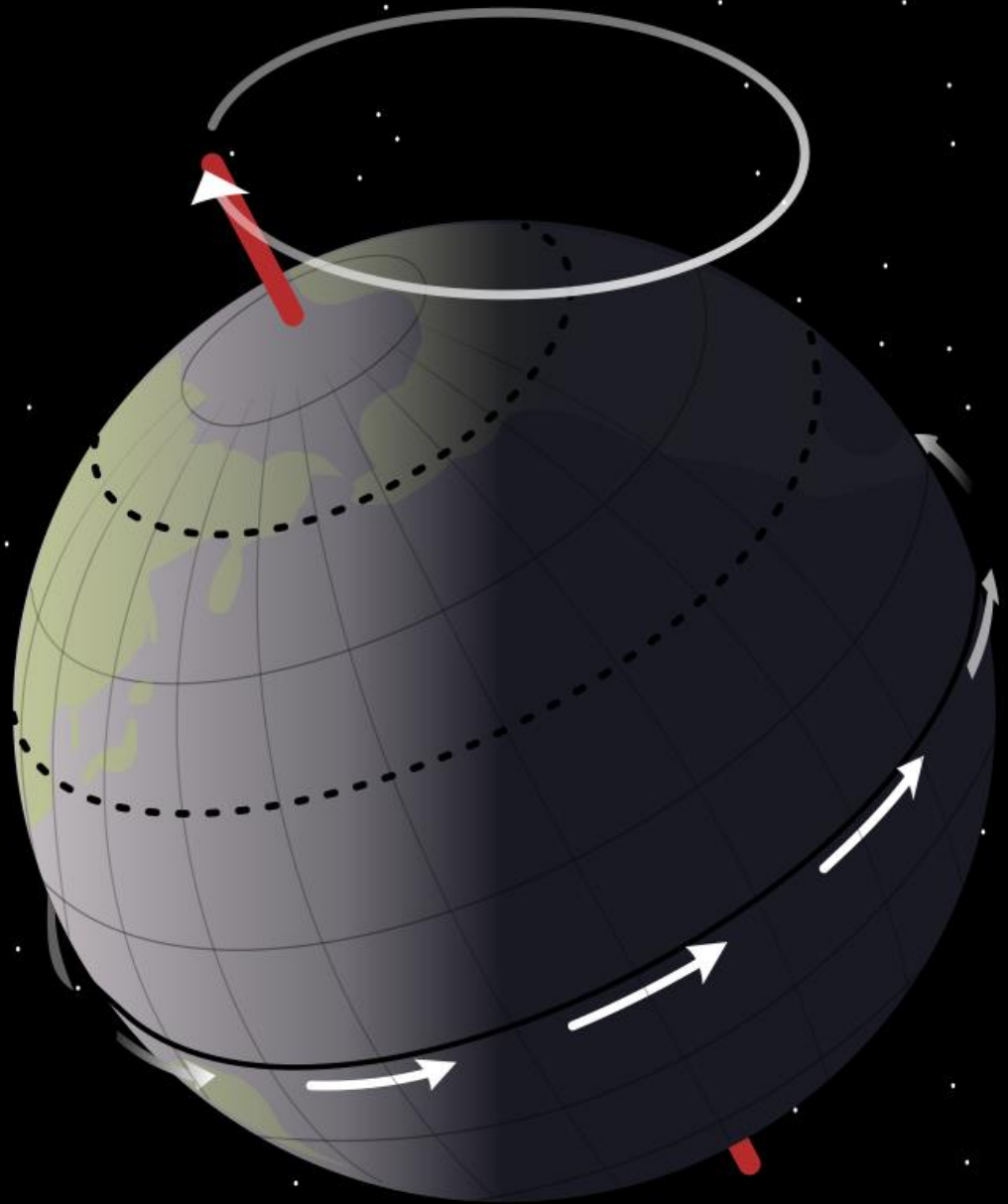
Isboringer på Grønland har vist at
for mellom 1 million og 3 millioner år siden
hadde istidene en periode på periode på omtrent 40 000 år,
sammenfallende med perioden til variasjonen
av helningen til jordens rotasjonsakse i forhold til baneplanet.

Det var større forskjell på klimaet under istidene og mellom dem
jo større helningen på jordas rotasjonsakse var.

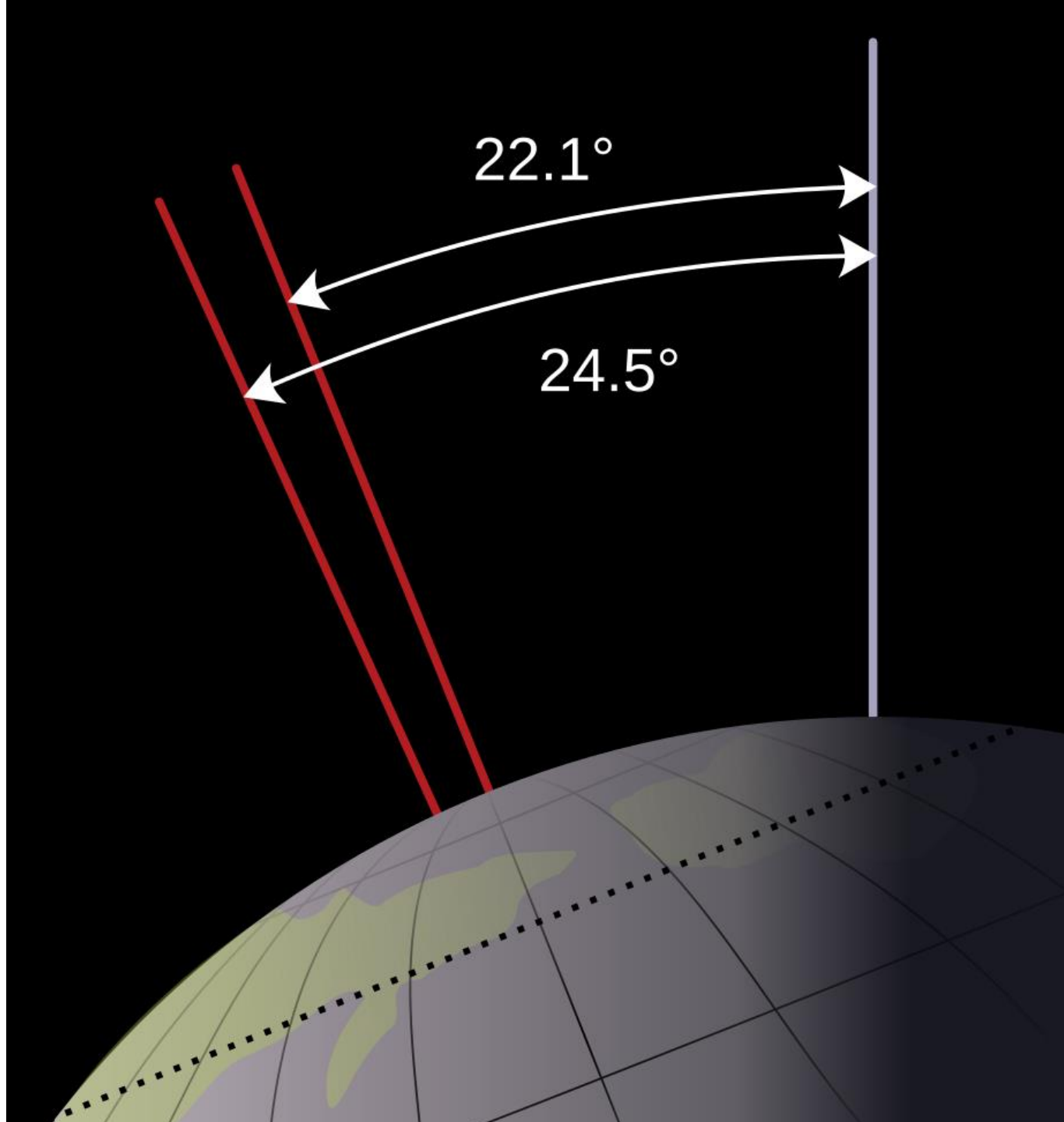
For omtrent 800 000 år siden endret istidenes periode seg
til omtrent 100 000 år,
sammenfallende med perioden til jordbanens presesjonsbevegelse.

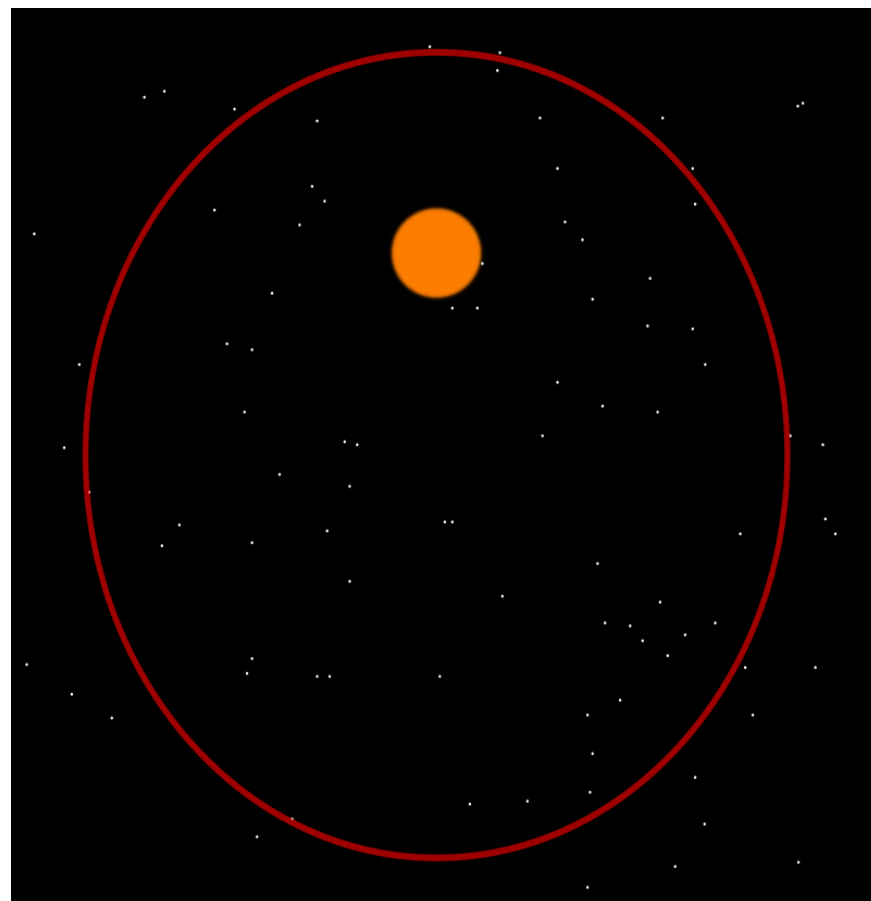
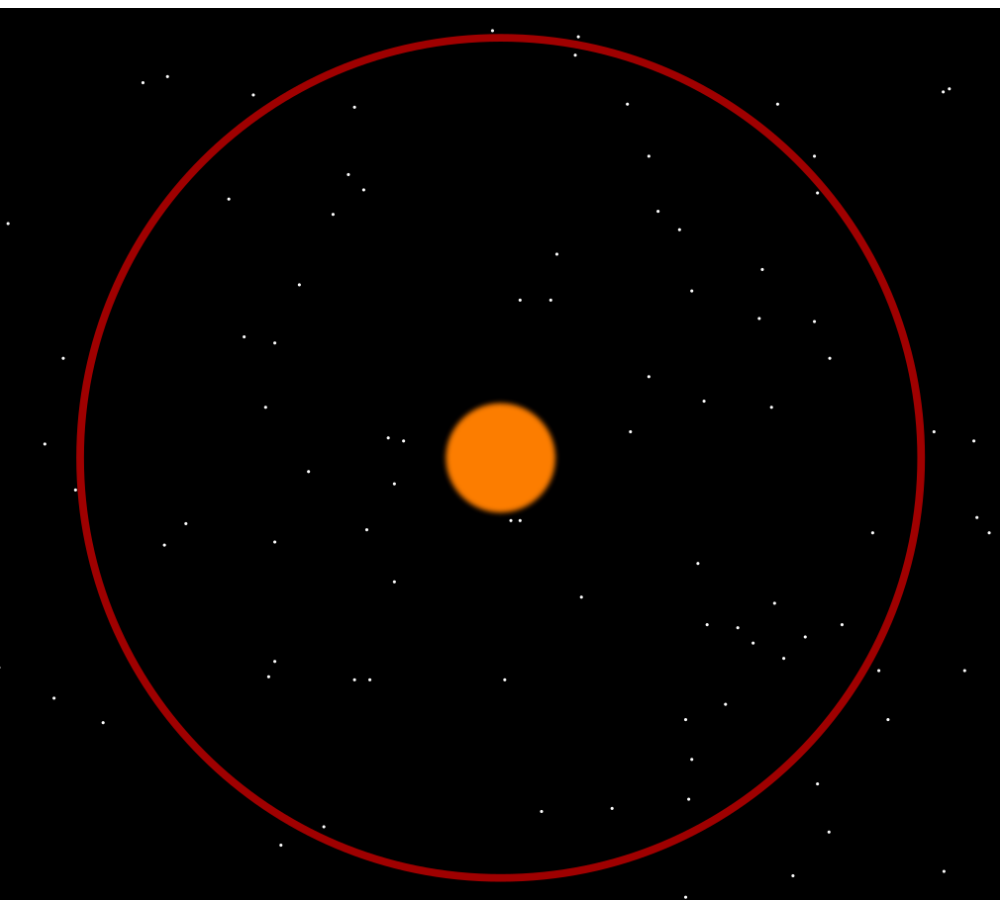
Klima- og planetforskerne har ikke funnet noen overbevisende
forklaring på denne endringene av istidenes periode.

Illustrasjon av
presesjonsbevegelsen
Til Jordas
rotasjonsakse.



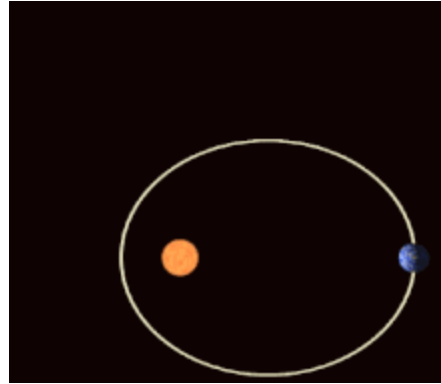
Illustrasjon av at
helningsvinkelen til
Jordas
rotasjonsakse med
baneplanets normal
varierer.





Til venstre: Sirkulær bane med eksentrisitet lik 0.
Til høyre: Avlang bane med eksentrisitet lik 0,5.

Jordbanens presesjonsbevegelse



Tilbake til studiene av de lagdelte fjellene i Australia.

I en vitenskapelig rapport publisert i 2022 skriver forskerne:

Variasjoner i det lagdelte mønsteret relateres til klimavariasjoner som har sammenheng med Milankovitch syklusene.

Mønsteret er datert til å være dannet for 2,46 milliarder år siden, og viser at Månens avstand fra Jorda da var 320 000 km.

Døgnets lengde var 17 timer.

Det ble funnet perioder i jordens klima på 11 000 år og 100 000 år. Den første viste at jordaksens presesjonsbevegelse da var dobbelt så rask som nå, og hadde en periode på 11 000 år.

Den andre viste at perioden til jordbanens presesjonsbevegelse var den samme som nå.

Også boringer i Arizona har vist klimavariasjoner med perioder relatert til Milankovich syklusene.

Sedimentære bergarter fra 520 meter dype borehull ble analysert, og forskerne fant variasjoner i klimaet med periode på 400 000 år, perioden til variasjoner i jordbanens eksentrisitet.

Det var større klimavariasjoner og mer nedbør når banen var mest avlang enn når den var nær sirkelrund.

Månens bidrag til tidevannsforskjellene stabiliserer jordas klima blant annet fordi tidevannskraftene bidrar til å opprettholde de store havstrømmene.

Hvert døgn blir Jordas atmosfære truffet av 33 tonn med materiale som kommer utenfra.

Det meste i form av støv, men i blant noen større steiner – asteroider. Det meste som treffer, brenner opp på grunn av oppvarming som skyldes luftmotstanden når det beveger seg gjennom atmosfæren med stor fart. Månen gir oss litt beskyttelse, og hindrer en del materie å treffe Jorda.



Lunar Impact Monitoring Program

Mission statement: Use Earth-based observations of the dark portion of the Moon to establish the rates and sizes of large meteoroids (greater than 10s of grams or a few ounces in mass) striking the lunar surface.



Artist Concept of an Impact on the Moon.

Månen har ingen atmosfære
som kan hindre meteoritter i å treffe overflaten.

Meteorittene har hastigheter mellom 20 km/s og 72 km/s.

Med så store hastigheter har meteorittene en enorm bevegelsesenergi.

En 5 kg meteoritt som treffer Månens overflate,
kan grave et krater med en diameter på 9 meter,
og kaste 75 tonn materiale fra overflaten og ut i bane rundt Månen.

Månen har beskyttet Jorda mot meteoritter

Månen har en diameter på 3500 km, 27 % av Jordas diameter.

Tidligere var Månen nærmere Jorda.

Tettheten av meteoritter var større,
og kollisjonene var hyppigere.

Månen beskyttet da mot meteoritter i større grad enn nå.

Månen har et stort antall kratre som er 'arr' etter meteorittnedslag.

Denne beskyttelsen kan ha vært avgjørende
for utvikling av liv for fire milliarder år siden.

Månen som kilde til kunnskap om Jordas opprinnelse

Studier av Månen har gitt oss kunnskaper

om solsystemets tidlige utvikling.

Uten Månen ville vi ha mistet vår beste kilde til kunnskaper om Jordas opprinnelse.

På grunn av tektonisk aktivitet er det ingen virkelig gamle – over 4 milliarder år gamle – fjell på Jordas overflate.

Men det er det på den geologisk passive Månen.

For eksempel ser vi fra kraterne på Månen at det var en periode fra 4,1 til 3,8 milliarder år siden

med spesielt voldsomt bombardement av store asteroider.

Kjemiske analyser av steiner fra Månen har gitt oss informasjon om hvor stor andel av vannet på Jorda som er brakt hit av kometer og asteroider.

Litt under 10 % av vannet kom med kometer.

Noe av vannet kom fra Theia – legemet som kolliderte med Jorda for 4,5 milliarder år siden og gjorde at Månen ble dannet.

Størsteparten av vannet kom fra to andre kilder: Den opprinnelige materieskiven Jorda ble dannet fra, og fra asteroider.

Biologiske klokker relatert til Månen

Det er to typer biologiske klokker relatert til Månen.

Den ene er knyttet til tidevannseffekter
og den andre til lyset fra Månen.

Begge disse klokkene har sammenheng med reproduksjon.

De månebaserte biologiske klokkene er nødvendige for at
eggceller og sædceller fra krepsdyr skal kunne forenes,
og at eggcellene skal bli befruktet slik at
det skapes avkom og arten lever videre.

Det finnes krepsdyr der sæd- og eggceller
møtes i havet ved fullmåne,
der nøyaktig timing er nødvendig for vellykket befruktning.

Hunnskilpadder utnytter flo til å komme seg opp og legge egg på steder
der eggene kan ligge til de klekkes og skilpaddeunger fødes.



Hunnskilpadder kommer i land ved høyvann for å nå de øvre delene av stranden hvor de graver reirene sine. Etter å ha lagt eggene, dekker skilpadden reiret med sand og returnerer til havet. Høyvannet hjelper dem å komme seg raskere tilbake til havet.

Når eggene klekkes, finner de små skilpaddeungene veien til havet.

Foto: Getty Images/Kryssia Campos

Romfart

Det er planlagt å bruke Månen som en første plattform for reiser videre til Mars.

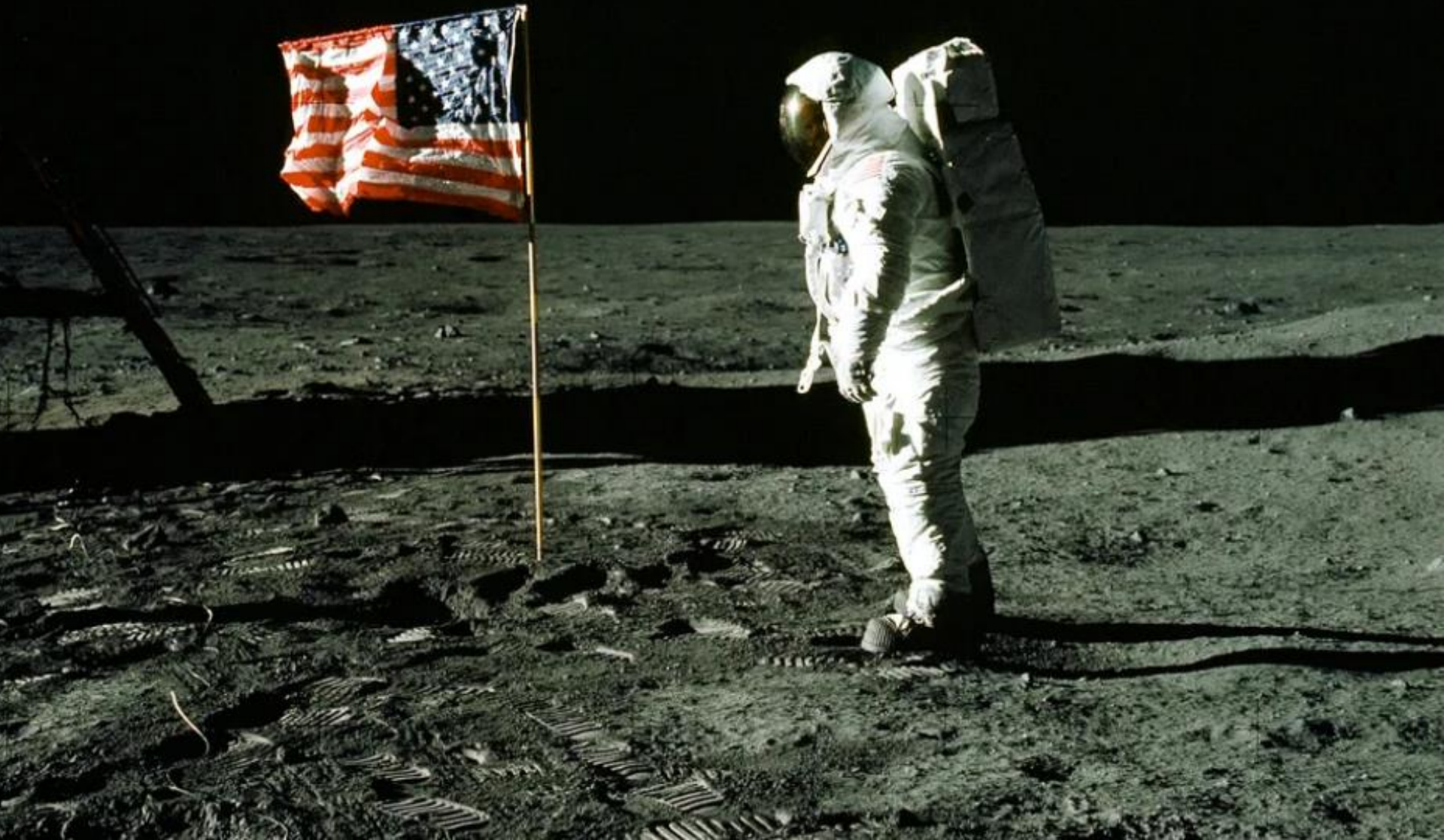


den første månelandingen

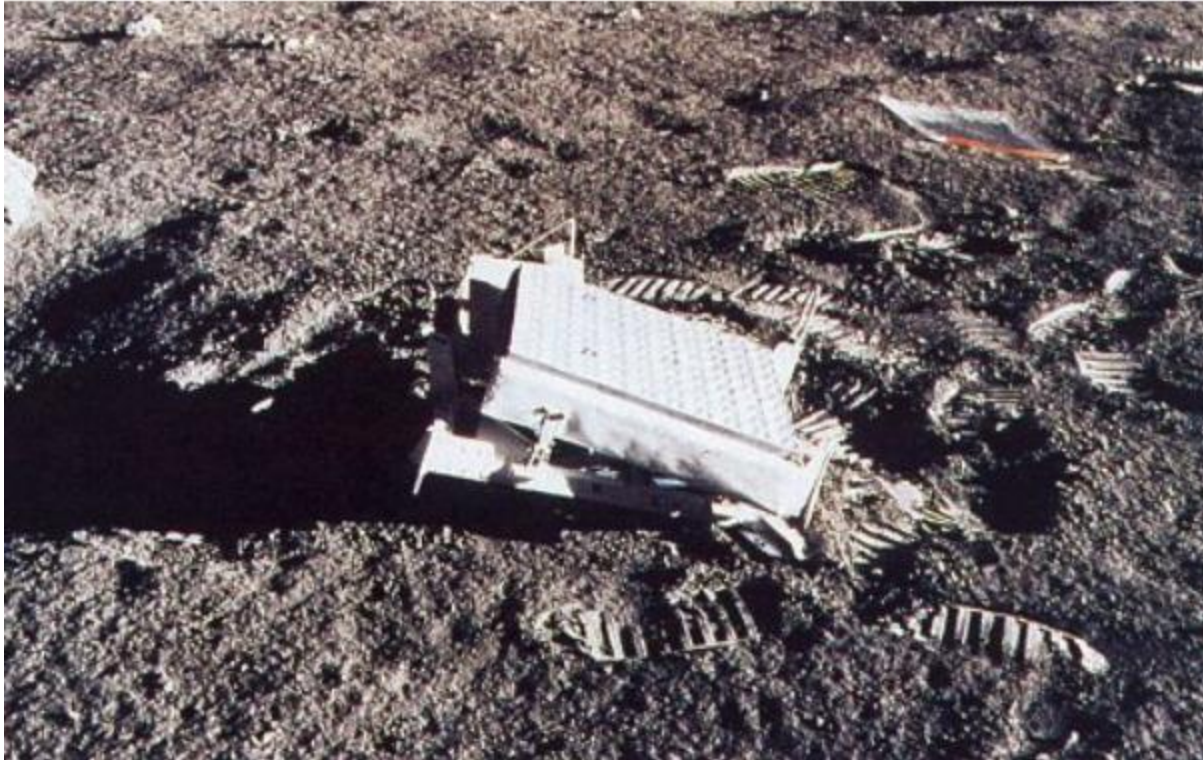
Den første månelandingen 20. juli 1969. Av NASA.

Den første bemannede månelandingen skjedde 20. juli 1969 da [Apollo 11s](#) månelandingsfartøy [Eagle](#) landet på [Månens](#) overflate. [NASA-astronauten Neil Armstrong](#) steg deretter ut av Eagle og ned på [Månens](#) overflate og sa de berømte ordene «That's one small step for man, one giant leap for mankind». Han var dermed det første mennesket som satte fot på Månen eller noe annet [himmellegeme](#) noensinne.

Buzz Aldrin faces the first American flag planted on the moon.



I Apolloferdene ble det installert refleksjonspaneler på Månen.



Det har gjort det mulig å bruke radarmetoden
Til å måle reisetiden for et lasersignal
til og fra Månen med stor nøyaktighet.

Målingene har vist at reisetiden øker langsomt.
Det betyr at månen langsomt beveger seg vekk fra Jorda.
Avstanden øker med 3,8 cm per hundre år.

With the Artemis campaign, NASA will land the first woman and first person of color on the Moon, using innovative technologies to explore more of the lunar surface than ever before.

The European Space Agency is also a major collaborator in the Artemis project.

Artemis 3 will follow a similar mission profile to Artemis 2, including a launch from the Kennedy Space Center, bring the astronauts to the moon, an orbiting mission and a return to Earth for a splashdown in the Pacific Ocean.



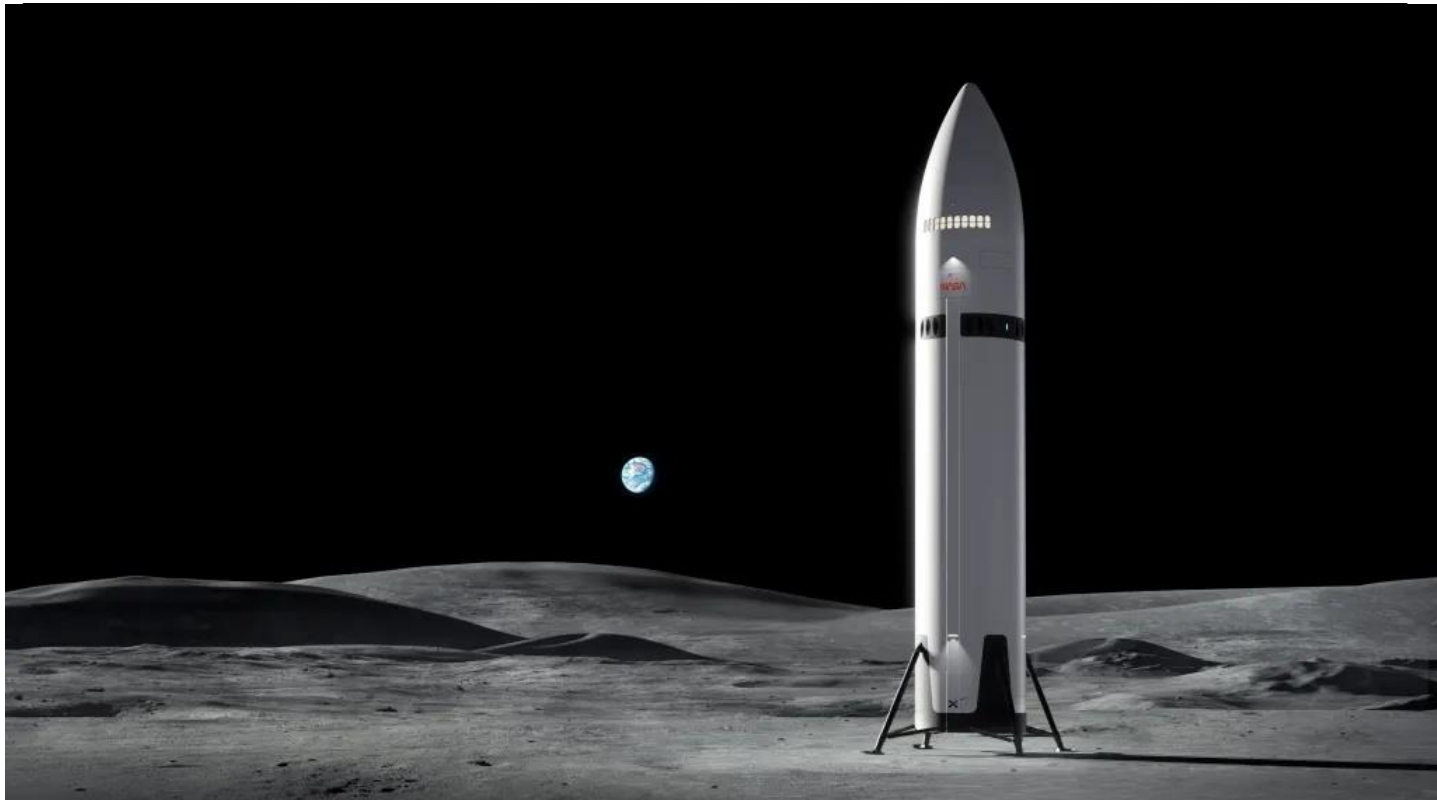
NASA's Space Launch System rocket launches carrying the Orion spacecraft on November 16, 2022, for the Artemis 1 flight test. NASA / Bill Ingalls

Artemis programmet – oppdatering

NASA's Artemis 3 mission: Landing humans on the moon

In 2022 NASA announced plans to land humans on the moon in 2026, for the first time in more than 50 years.

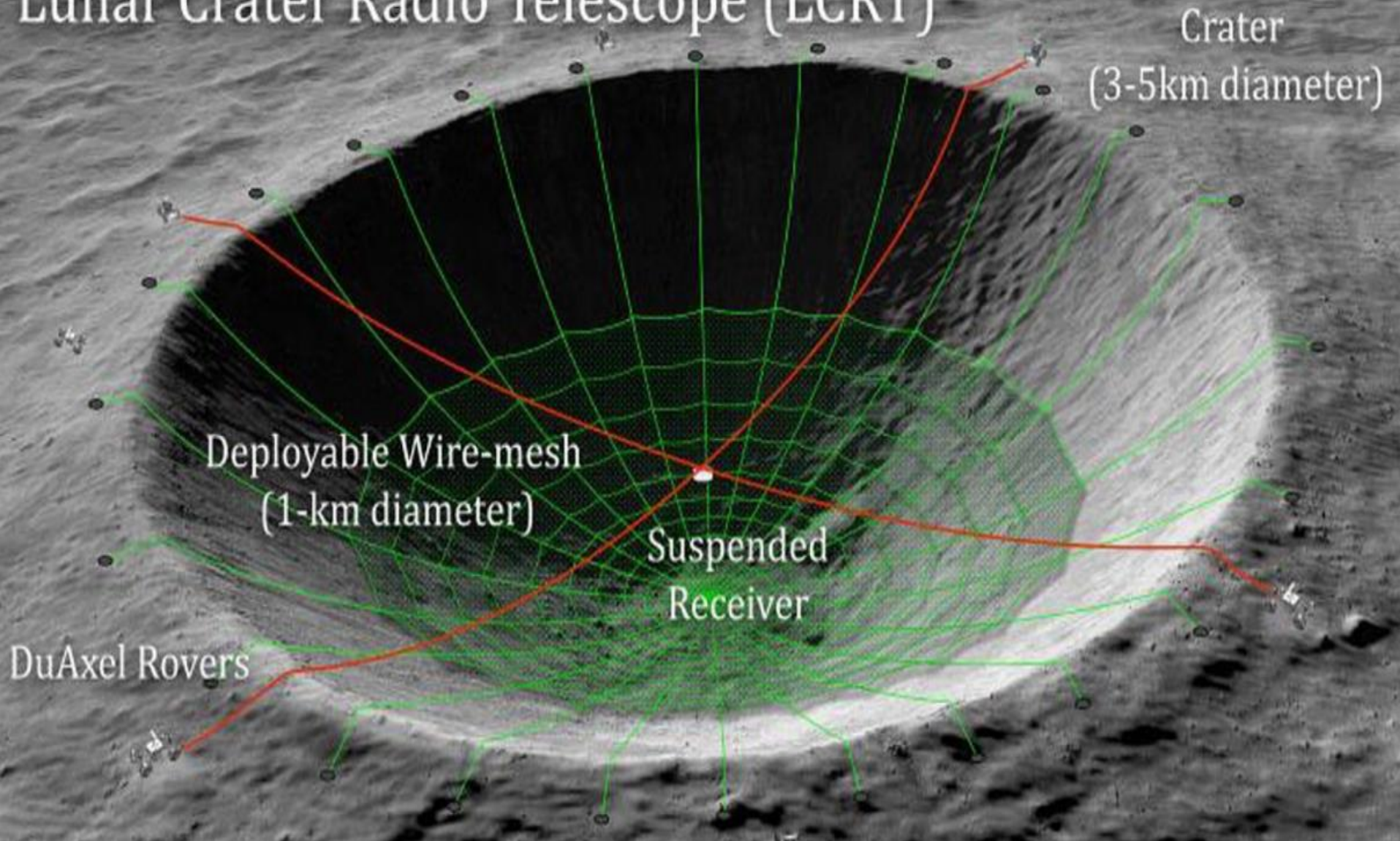
In an update 5. December 2024 it was said that the mission is postponed to Summer 2027.

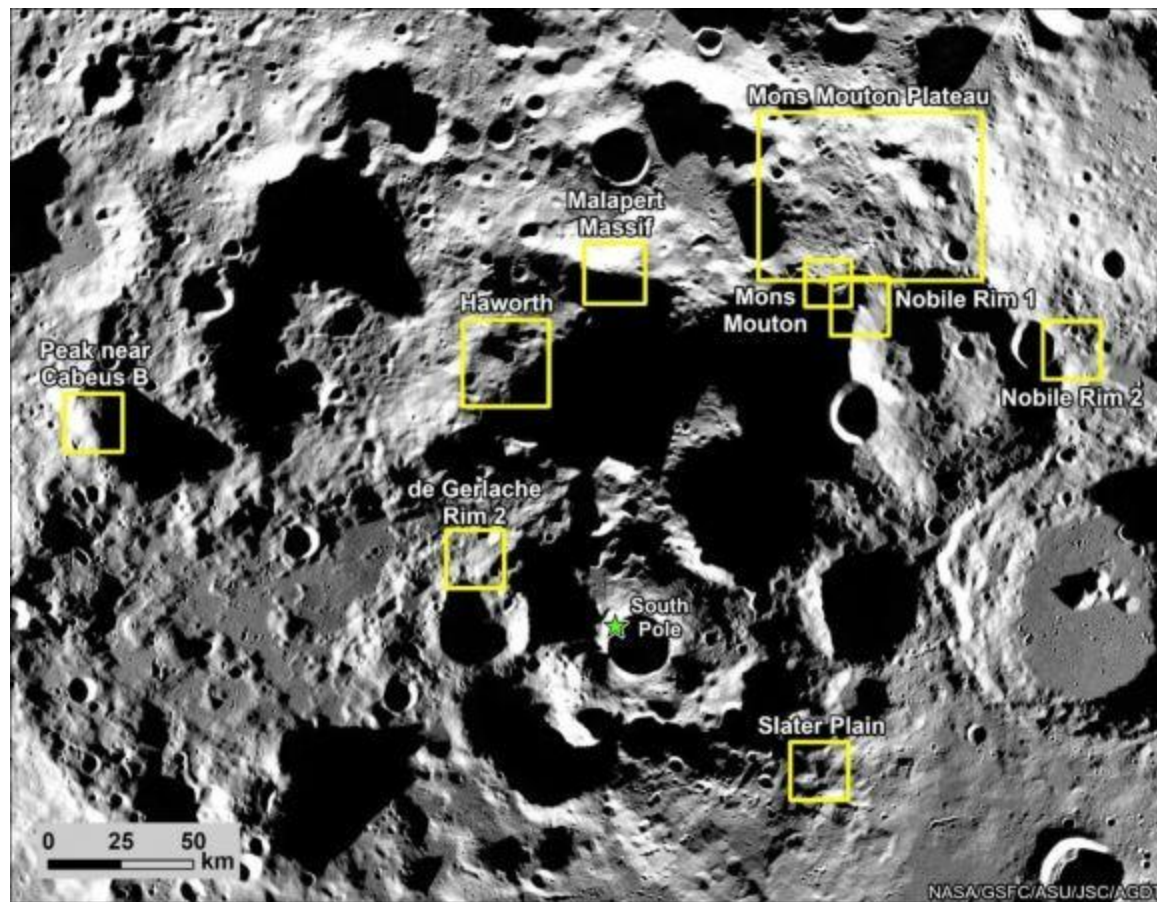


Artist's conception of SpaceX's Starship on the moon. Starship was selected to be NASA's human landing system for Artemis 3. (Image credit: SpaceX)

Utnyttelse av krater på Månen til å lage et digert teleskop på Månen

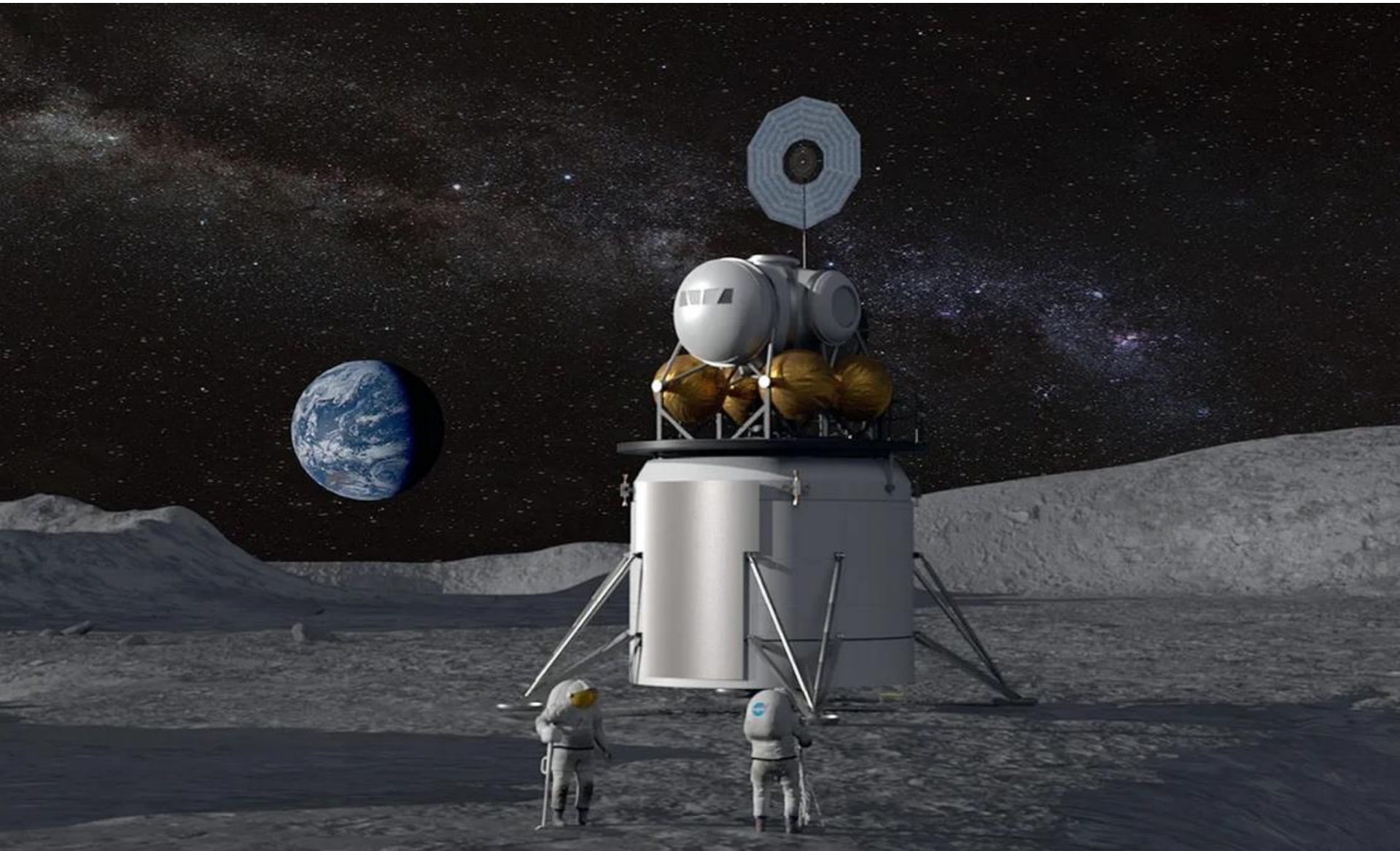
Lunar Crater Radio Telescope (LCRT)



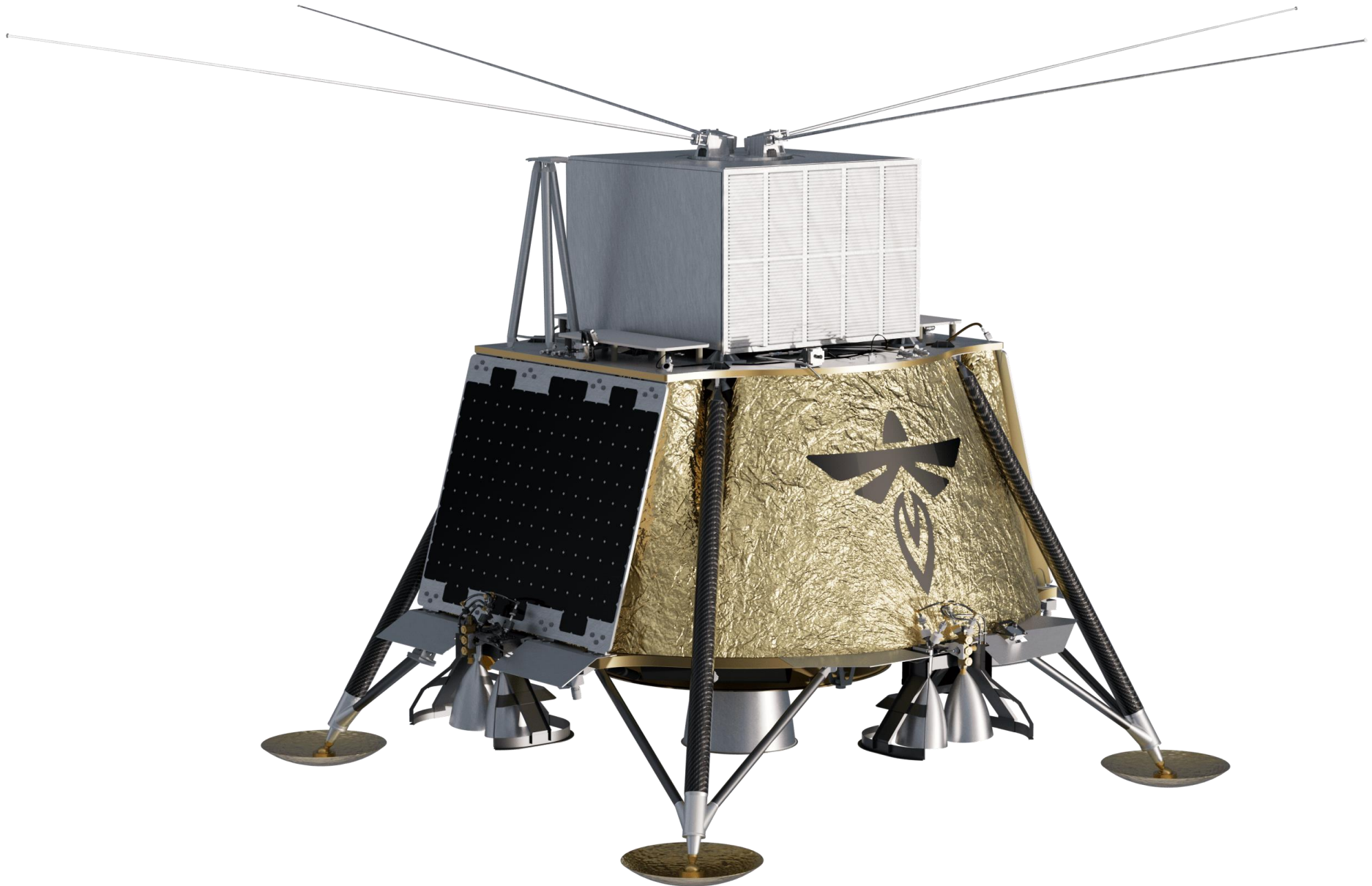


This image shows nine candidate landing regions for NASA's Artemis III mission, with each region containing multiple potential sites for the first crewed landing on the Moon in more than 50 years. The background image of the lunar South Pole terrain within the nine regions is a mosaic of LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) WAC (Wide Angle Camera) images. Credit: NASA

Illustrasjon av landingsfartøy i NASAs Artemis program.



Lunar Surface Electromagnetics Experiment – Night (LuSEE-Night) på toppen av en Blue Ghost sonde. Planen er å lande en slik sonde på Månens bakside i 2026.







Apollo 11 astronauts watched the Earth rise above the moon's horizon on July 20, 1969. NASA / JSC