

Den Internationale Rumstation og Danmark

– Første del: Fra Skylab til Shenanigans

Carol Anne Oxborrow, DTU Space

Jeg har arbejdet med adskillige projekter på ISS, den Internationale Rumstation, siden 2014 – først på Andreas Mogensens 1s-mission og Thor, og derefter med ASIM, Thor-Davis og TOTEM. Her vil jeg give en hurtig rundvisning i ISS, som er kulissen for Andreas Mogensens missioner, men også for nogle succesfulde rummissioner såsom ASIM og NICER, der har stor dansk deltagelse. De følgende artikler kommer til at handle om Andreas Mogensens missioner og eksperimenter, og de mere langvarige danske missioner.

Det store fredsprojekt

I de tidlige 1970'ere, efter at missioner til Månen havde mistet deres kapløbsagtige glans, var den næste rumgrænse for USA og Sovjetunionen at skabe en vedvarende menneskelig tilstedeværelse i rummet. NASA havde Skylab (1972–1973), og Sovjetunionen havde Salyut (1971–1986) og Mir (1986–2001). Selvom USA hjalp til med Mir og besøgte stationen, blev det klart i 1980'erne, at begge lande havde brug for en bedre, større rumstation, uden at de enkelte lande havde råd eller opbakning til det. Dermed blev det store fredsprojekt ISS født, som har overlevet trods adskillige proxykrige, og nu krigen i Ukraine. Vi, som har instrumenter på ISS, har fået varsler om formodede nedlukninger i 2021, 2024, 2025 og nu 2028. Nu er der tale om, at NASA vil holde stationen kørende et godt stykke ind i 2030'erne – alt efter hvor meget stationen slides op og udvikler problemer de kommende år.



Figur 1. ISS set nedefra. Forsiden med ASIM, Columbus, Harmony og Kibo ses øverst. Bagsiden med Zarya, Unity og Zvezda ses nederst i billedet. Foto: NASA/Dragon Crew 2021 (CC BY-NC-ND 2.0 DEED).

Selve fredsprojektet flyver videre, selvom infrastrukturen ældes. Det ses i de mange lande, der har bidraget til stationen siden 1990'erne. USA og Rusland har bidraget med nogle af de største moduler, der er blevet opsendt, men ESA, det Europæiske Rumagentur, har bidraget blandt andet med Columbuslaboratoriet (opsendt 2008), Tranquility Node (Stilheden: forbindelsesmodul, N3 fra 2010) og det tilhørende Cupola-vinduesmodul (Kuppel

fra 2010). Canada har bidraget med den største robotarm, der blev brugt til at sammensætte de forskellige moduler, der blev opsendt. Japan har et laboratorium, Kibo, der er nabo til Columbus på den anden side af Harmony Node (N2 fra 2007) på forsiden af stationen.

Nogle myter skal aflives

Der snakkes meget om ISS, takket være Andreas Mogensen, men nogle af de daglige vendinger, der høres, er både fejlagtige og irriterende. For det første er ISS ikke ude i “det yderste rum”, ikke engang i “verdensrummet”. ISS befinder sig i en højde af 400 km over Jordens overflade i en bane med en hastighed på 27.600 km/t – den vi kalder for LEO (Low Earth Orbit). Højden, der officielt adskiller Jordens atmosfære og rummet, er ved 100 km over Jordens overflade. Den kaldes Karmanlinjen, og ved denne højde er luften så tynd, at det er umuligt at få aerodynamisk løft med en flyvemaskine, uanset hvor hurtigt den flyver. Luften er dog tyk nok til at bremse en satellit, så den ikke kan færdiggøre et enkelt kredsløb omkring Jorden. Der er ikke noget fysisk tegn på denne grænse – atmosfæren bliver bare tyndere og tyndere. ISS farer rundt kun 300 km ovenover Karmanlinjen, hvor det er muligt at kredse i en vedvarende bane. ISS bremses dog en smule af den tynde atmosfære, og hver gang et rumfartøj besøger stationen med lidt brændstof tilovers, bliver det brugt for at “booste” stationens hastighed igen.

Den næste myte, der høres overalt, er, at stationen, og især astronauterne, er i et miljø uden tyngdekraft. Det er derfor, de svæver rundt, ikke? Der er næsten lige så meget tyngdekraft oppe hos ISS som her på Jordens overflade – de er dog kun 400 km (6%) længere væk fra Jordens centrum end os. Forskellen er, at ISS og alt på den er i frit fald – det hele bevæger sig totalt efter tyngdekraftens præmisser, mens vi modstår tyngdekraften ved at stå på Jorden eller gulvet, der trykker op på os og forhindrer os i at komme tættere på Jorden. ISS og astronauterne er “vægtløse” ikke “tyngdekrafts-løse”. Frit fald er ellers ekstremt farligt medmindre objektet, som ISS, bevæger sig så hurtigt i vandret retning, at krumningen af dens bane, der bestemmes af tyngdekraften, svarer til krumningen af Jordens overflade. Dermed undgår ISS, og alle andre satellitter, at ramme Jorden som fx et objekt, der er i

frit fald mellem toppen af et tårn og fortovet, ellers ville gøre.

Den tredje myte, der promoveres især af Hollywood, er at en rumvandring, eller EVA (Extra-Vehicular Activity), kan foregå næsten så nemt som en gadevandring på Jorden – bare man husker at tage rumdragten på. Faktisk tager det en uge at planlægge sådan noget, og dem, der skal uden for ISS, sover natten over i luftslusen, hvor lufttrykket langsomt nedsættes til omkring 70% af trykket inde i ISS og på Jorden. EVA-dragterne holder mindre tryk end rumstationen, og derfor skal astronautens krop vænne sig til det, ligesom dykkere vænner sig til trykfald, når de kommer op fra havets dybder. EVA-astronauterne skal med andre ord undgå dykkersyge. Udover de ressourcer det kræves at oppumpe EVA-dragten til atmosfærisk lufttryk, er det begrænset, hvor meget tryk, der er fordelagtigt – dragten bliver desværre meget stiv og svær at bevæge sig rundt i, især fingrene, når den pumpes op. Astronauterne tager ikke ud på EVA bare for at se verdens flotteste udsigt – opgaven er den farligste del af en ISS-mission, og foretages kun efter behov for vedligeholdelse – og derfor må astronauterne kunne bevæge fingrene. Ved den mindste bekymring for astronautens velbefindende aflyses EVA'en, som det blev gjort for Andreas Mogensen, da et russisk kølesystem begyndte at lække ammoniak.



Figur 2. NASA-astronaut Ricky Arnold på EVA vedligeholdelse udstyr på ISS's store bjælke. Bemærk Canada 2.0-robotarm og ASIM-instrumenterne øverst til højre. Foto: NASA/Andrew Feustel (CC BY-NC-ND 2.0 DEED).

Stationsamling i LEO

En rumstation kan ikke opsendes som en helhed – den må samles af færdiglavede moduler oppe i rummet. De første to moduler, den russiske Zarya og amerikanske Unity, blev opsendt i 1998, og en tredje, den russiske Zvezda, blev tilføjet i 2000, hvorefter 2 astronauter (en russer og en amerikaner) kunne bo på stationen for første gang. Derefter kom 11 år med rumbyggeri og i alt 159 EVA'er. På NASAs YouTube-kanal kan man se en flot animation af hele processen på 2 minutter [1].

I alt er 20 forskellige moduler, der kan holde lufttryk, blevet opsendt med Space Shuttle (NASA), Sojuz, Progress og Proton-raketter (Roscosmos). Opsendelses- og samlingsplanen blev forsinket, efter at NASA måtte ophøre med Space Shuttle-opsendelser mellem 2003 og 2005, som følge af Columbia-katastrofen, hvor alle

syv besætningsmedlemmer omkom. Hele Space Shuttle-programmet blev nedlagt i 2011, og derefter var ISS mest afhængig af Ruslands Sojuz-raketter for forsyninger, indtil Space-X og Orbital Services begyndte kommercielle forsyningsmissioner i henholdsvis 2012 og 2014. Luftsluser og dokingsportaler tælles også blandt de beboelige moduler.

En af de meste innovative moduler er NASAs BEAM (Bigelow Expandable Activity Module), der er et oppusteligt modul, der blev opsendt og oppumpet i 2016, som en mindre dyr modulløsning for udstyrsoplagring. BEAM er forbundet til Tranquility Node, ved siden af Cupola.

Udover modulerne, hvor astronauterne kan bo med dyrebare ressourcer som lufttryk og ilt, er der mange andre infrastrukturelementer og tekniske redskaber, æsker og instrumenter, der ligger udenfor disse beboelige moduler: den store bjælke med solpaneler og sølvfarvede radiatorer er det meste iøjnefaldende af disse elementer, mens mindre robotarme, eksterne eksperimenter og kommunikationsudstyr også pynter stationen.



Figur 3. Andreas Mogensen i ESAs Columbus-laboratorium, August 2023. Bemærk total mangel på vinduer. Foto: NASA Johnson Space Center (CC BY-NC-ND 2.0 DEED).

Cupola og den nye æra

Et af de vigtigste moduler for astronauternes velbefindende er Cupola – og i sådan en grad, at nogle snakker om før-Cupola og efter-Cupola-æraen på ISS. Modulet sidder som en lille bums på undersiden af Tranquility Node og består af 7 store og tykke vinduer af skudsikkert glas. Det centrale vindue er 80 cm i diameter og er omringet af 6 mindre vinduer. Det hele peger ned mod Jorden, men man kan se ud til alle sider.

Grunden til, at den er så epokegørende, er, at astronauterne elsker at se på Jorden, og uden et dedikeret modul er der ingen vinduer på ISS undtagen de små køjne i hver dokingsportal, der kan bruges til at styre en besøgende kapsel til sin ankerplads. På tidligere rumstationer er ventiler og lignende udstyr blev brugt som håndtag, mens astronauterne så på hjemmeplaneten gennem et lille køje – og ikke til gavn for udstyret. Nu kan ISS's astronauter bruge Cupolaen til deres pauser. At bruge dette hellige sted til forskning kræver særlig tilladelse, som vores Thor og Thor-Davishold opdagede.

Noget af det mest imponerende ved Cupola er de 7 kæmpe beskyttelsesskodder, der kan lukkes, når rumskrot truer stationen. De er lavet af kevlar, der ellers bruges til skudsikre jakker, og her kan man fornemme, hvor risikabelt det er at flyve rundt om Jorden med 27.600 km/t.



Figur 4. Den italienske ESA-astronaut, Samantha Cristoforetti, i Cupola, 2022. Bemærk de blå hånd/fod-tag, der findes overalt på ISS for de svævende astronauter. Man skal tage fat i et håndtag, ikke i udstyret! Foto: NASA Johnson Space Center (CC BY-NC-ND 2.0 DEED).

Shenanigans: 6 ud af 8.413

I 2008 udgav ESA en lille bog og CD på engelsk og fransk med titlen: "European Astronaut Selection", der fortalte, hvordan man søger ind til astronauttræning hos ESA. Det allerførste trin er at skaffe sig en lægeattest, klasse 2, fra en luftfartslæge, der er godkendt nationalt. Man behøver ikke at snakke russisk, men det er en fordel. Derefter kommer der en masse tests og interviews. Som Andreas Mogensen sagde engang – man skal være i god form, men man behøver ikke at være stærk, idet alting er vægtløst på ISS.

Den lille bog tiltrak hele 8.413 ansøgere, hvoraf seks blev valgt til ESA-astronauttræning. Andreas Mogensen, som den allerførste dansker, der ville op i rummet, havde mange fordele som astronautkandidat: en ph.d. i automatiske landingssystemer for rumfartøjer var ikke den mindste af dem. Han havde arbejdet et år på en boreplatform ud for Afrikas kyst – og det tæller meget, fordi det ikke er en hvem-som-helst vovehals, der kan blive astronaut. Folk på ISS må have is i blodet, når ulykken er ude. De må være venlige, tålmodige, hjælpsomme og samarbejdsvillige, selv med folk de bor tæt på og ikke kan komme væk fra. Andreas Mogensen kunne dog ikke russisk og havde ikke pilotlicens som fx Samantha Cristoforetti og Tim Peake, der begge havde været militære piloter. Andreas Mogensen har sagt, at det at lære russisk for at kunne forstå al undervisning om Sojuz-raketten og -kapslen, var noget af det sværeste for ham. Han fik dog flyvetimer hos Lufthansa, der ikke foregik på russisk.

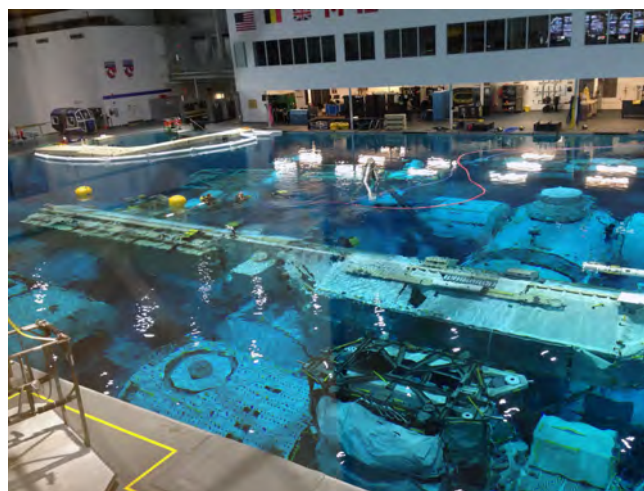
De seks astronautkandidater valgte holdnavnet "Shenanigans" (Fjollerier) og kom i gang med træning i 2009 – noget, der krævede meget rejseri rundt om på Jorden – længe før de blev sendt op til ISS. Mange aktiviteter forbundet med grundforløbet skete rundt

omkring i Europa, andre måtte udføres i særlige anlæg i USA, mens alt, der havde med deres opsendelser og landing at gøre, blev undervist på russisk i Star City uden for Moskva. Hele forløbet styredes af ESA Astronaut Centre (EAC) i Köln, Tyskland.

I Europa trænede de i at løse opgaver i svære miljøer ved at bruge en uge i mørket i et grottesystem. Miljøet er valgt for at give en fornemmelse af de udfordrende forhold i rummet – forstyrret døgnrytme, kunstig belysning, trange vilkår og en overhængende fare, hvis tingene udvikler sig dårligt. Gennem dette og lignende kurser lærte astronauterne at følge aftalte procedurer og regler, mens de trænede bestemte færdigheder.

Et andet "rum-analogt"-miljø er NEEMO, der styres af NASA ud for Floridas kyst. NEEMO er et undervands-indkvarteringsanlæg, hvor astronauterne i små grupper bor og udfører opgaver på havbunden. Dens placering på havbunden betyder, at man ikke bare kan komme væk, når man bliver træt af sine kammerater. Man skal bestemt ikke lide af klaustrofobi som astronaut, for man befinder sig tit i meget trange omgivelser – ikke mindst i sit "soveskab" på ISS, hvor der er plads til en sovepose og en bærbar computer.

Noget af det sværeste at træne er den uundgåelige vægtløse tilstand på ISS. I NASA Johnson Space Centre i Houston, Texas, findes Neutral Buoyancy Lab (NBL), der blandt andet omfatter en fuldsalamodel af ISS i et svømmebassin. Her kan astronauter træne i ISS-operationer, mens de flyder rundt i rumdragt med vægte, der sørger for, at de hverken synker til bunden eller flyder op til vandets overflade – de bliver vægtmæssigt neutrale. Selvom man svæver i bassinet nogenlunde som omkring ISS, findes der stadig "op" og "ned", og vandet giver en misvisende modstand for astronauters bevægelser. På ISS er det nemt at skelne dem, der lige er kommet til stationen – de ramler ind i ting hele tiden og bruger alt for mange kræfter på at komme rundt.



Figur 5. Neutral Buoyancy Lab på NASAs Johnson Space Center, Houston, Texas. Foto: NASA Johnson Space Center (CC BY-NC-ND 2.0 DEED).

Andreas Mogensen fortæller en historie om, hvordan det var for ham at komme om bord på ISS for første gang i 2015. Lige efter at han var kommet ud af Sojuz-kapslen, fik han fortalt af kaptajnen, der bød ham velkommen, at han skulle langs den store gang og helt hen til enden

for at deltage i det første TV-interview ombord. Nemt nok, ville man tro, men Andreas Mogensen kunne ikke genkende gangen og var lidt forvirret over den retning, han skulle dreje. Han følte sig lidt dum, fordi han havde trænet i årevis i ISS-modellen på NBL og syntes selv, at han skulle kunne klare det her. Så drejede han sig selv således, at fødderne tog hovedets plads, og omvendt, og pludselig kunne han genkende stedet, han havde trænet i, og dermed finde vej til interviewet.

Den anden måde at træne for den vægtløse tilstand er NASAs "vomit comet" – eller mere teknisk sagt en "C-9 Low-G Flight Research aircraft", som er en specielt forstærket flyvemaskine, der kan flyve i en række paraboliske baner. Som i en rutschebane, hvori passagererne i den "nedre" side af banen oplever op til 25 sekunder i vægtløs tilstand – til gengæld oplever de langt mere end den sædvanlige 1g på vejen op til toppen af parabolbanen. Femogtyve sekunder er ikke længe nok til at lære fornemme astronautfærdigheder, men langt nok til at opdage, hvem der har en følsom mave.

Noget af det mest praktiske var den overlevelsestræning, Andreas Mogensen deltog i uden for Moskva i 17 graders frost. Her lærer man at tage alt indhold ud af sin kapsel, hvori man formodentligt lige er kommet ned fra ISS, og bruge de forskellige dele for at lave læ, bål og mad nok til et par dage i ødemarken. Mærkeligt nok, kan denne træning få direkte anvendelse under en Sojuz-landing. Hvis det går galt med den "bløde" hårdlanding i Ruslands ødemark, og kapslen lander langt fra det opsamlingshold, der skulle tage astronauterne ud fra kapslen, så må astronauterne kunne passe sig selv i nogle dage dér, hvor de lander, indtil velkomsthødet dukker op. Hvor godt dette lykkes i praksis for 3 astronauter, der har været på ISS i 6 måneder, ved jeg ikke.



Figur 6. Oleg Kotov i Cupola. Bemærk de store beskyttelsesskodder og mange gule håndtag til EVA'er. Foto: NASA Johnson Space Center (CC BY-NC-ND 2.0 DEED).

Ved hver eneste træningsopgave og -forløb bliver der lagt vægt på alle de nødsituationer, der kan opstå, og de procedurer, der skal følges, i snesevis af undtagelsestilstande. Astronauternes førstehjælpskursus er mere omfattende end blot hjertemassage, fordi der ikke er lægeservice på ISS. I hvert fald skal mindst én person i hver besætning kunne udføre lidt sårsyning, hvis det bliver nødvendigt. Da jeg snakkede med

Andreas Mogensen om filmen "Gravity" og de ting, jeg kunne lide ved den, nævnte han den første scene, hvor flere astronauter er ude på EVA og George Clooneys karakter fjoller rundt med en lille personlig raketpakke. Sådan noget sker aldrig under en rigtig EVA. Selvom Andreas Mogensens årgang hedder "Shenanigans", er det åbenbart ment mere ironisk end som en erklæring om livsfilosofi.

For alle 6 astronautkandidater blev i hvert fald godkendt som medlemmer af ESA's Astronautkorps i 2010, og derefter måtte de vente på at få tildelt deres missioner.

Luca Palmitano fra Italien fik den første mission på 6 måneder i 2013. Andreas Mogensen måtte vente indtil september 2015 for at udføre sin 10-dages iriss-mission til ISS. Grunden til, at Andreas Mogensen blot fik en 10-dages mission for at bringe en ny, frisk Sojuz-kapsel op til ISS og fragte den gamle ned igen, kan ses i ESA's budget: Danmark betaler 0,7% af ESA's budget i 2024, mens Storbritannien betaler 8,6%, Frankrig 20,1%, Tyskland 22,4% og Italien 16,9%.

ISS og Danmark



Dette er den første af tre artikler om Den Internationale Rumstation og Danmark.

I den næste artikel fortæller jeg, hvordan Andreas Mogensens 10-dages iriss-mission blev en kæmpe succes, og hvad han denne gang har arbejdet med på huginn-missionen.

Den tredje artikel handler om danske eksperimenter og instrumenter på ISS (læs også Per Lundahl Thomsens artikel på næste side).

Litteratur

- [1] https://www.youtube.com/results?search_query=iss+assembly+sequence



Carol Anne Oxborrow er fysiker, ph.d. Hun har arbejdet på DTU Space i 26 år med adskillige ESA-rummissioner: INTEGRAL (2002), Planck (2010), ASIM (2018), MIRI på James Webb Space Telescope (2021), og ATHENA Wide Field Imager, der skal opsendes i 2038. Carol Anne er leder af ASIM Science Data Centre og gruppen for Atmosfærisk Elektricitet på DTU Space.