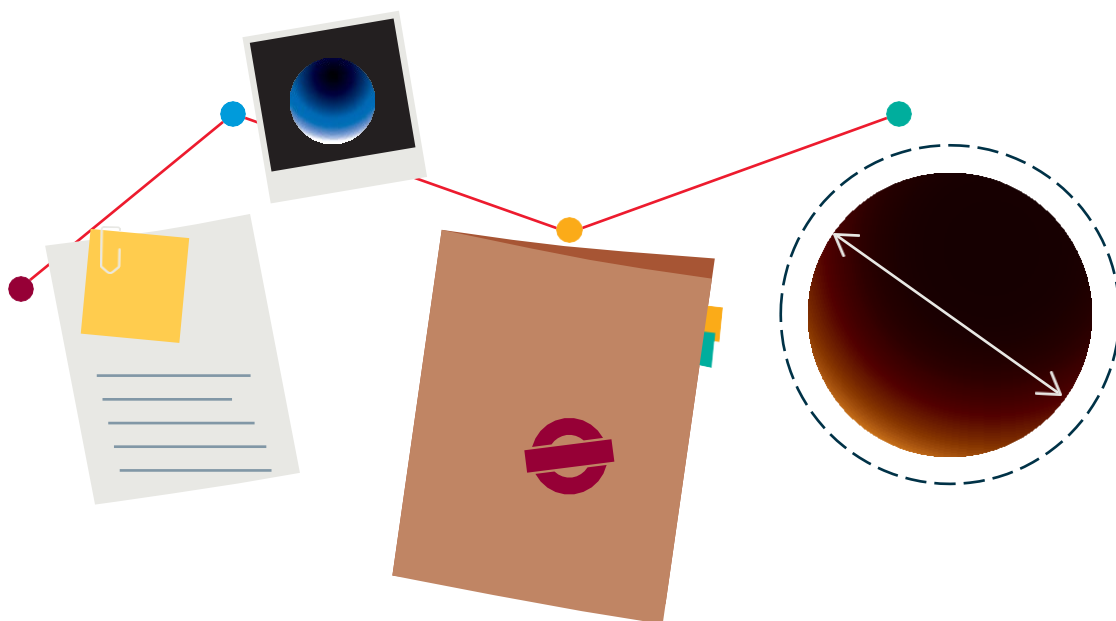


# Rymden i skolan

## → HACKA EN EXOPLANET

Bli en rymddetektiv





## LÄRARHANDLEDNING

<i>Snabba fakta</i> .....	03
<i>Inledning</i> .....	04
<i>Aktivitet</i> .....	05
<i>Utmaning 1: Analys av data från KELT-3b</i> .....	07
<i>Utmaning 2: Analys av data från TOI-560c</i> .....	12
<i>Länkar</i> .....	13
<i>Bilagor</i> .....	14

**Rymden i skolan - hacka en exoplanet | P39**

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

**ESA:s utbildningskontor välkomnar återkoppling och kommentarer**

[teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

**En produktion från ESA Education i samarbete med ESA Science**

Copyright 2023 © Europeiska rymdorganisationen

# → HACKA EN EXOPLANET

## Bli en rymddetektiv

### Snabba fakta

Ämne: Fysik, matematik, astronomi

Ålder: 14 - 19 år

Typ: Elevaktivitet och/eller hackathon

Komplexitet: Medelhög

Förberedelse tid för läraren: 1 timme

Lektionstid: 90 minuter per utmaning (totalt 3 timmar)

Kostnad: låg (0-100 kr)

Plats: Klassrum

Utrustning: dator (om det inte är möjligt föreslås ett alternativ).

Nyckelord: Fysik, matematik, astronomi, exoplanet, transit

### Kortfattad beskrivning

I den här aktiviteten ska eleverna karakterisera två exoplaneter genom att analysera data från ESA:s satellit Cheops. Eleverna ska arbeta som riktiga forskare och anpassa en modell till data för att hitta de parametrar som passar bäst.

Aktiviteten kan genomföras med olika undervisningsmetoder, genom guidat lärande eller projektbaserat lärande, t.ex i ett hackathon. I lärarhandledningen presenteras båda alternativen.

Aktiviteterna kompletteras med förklarande instruktionsfilmer som tagits fram av experter på exoplaneter.

### Lärandemål

- Arbeta vetenskapligt med riktiga satellitdata.
- Tillämpa matematiska dataanalysmetoder genom att anpassa en modell till verkliga data.
- Kunskap om Keplers tredje lag och centralrörelse.
- Förstå transitmetoden för exoplaneter.
- Samarbetsförmåga, under tidspress.

### Du behöver också

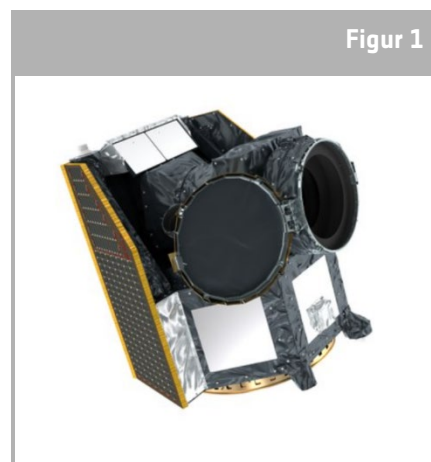
Stödmaterial/instruktionsfilmer. Se avsnittet Länkar.

- Introduktion till Hacka en Exoplanet - bli en exoplanetdetektiv
- *Allesfitter* mini tutorial - steg-för-steg-guide om hur man anpassar den bästa modellen till data.
- Hur man bestämmer storleken på en exoplanet
- En exoplanets omloppstid och avstånd med hjälp av Keplers tredje lag.
- Kan exoplaneter vara beboeliga?
- Vad består exoplaneter av?

## → Inledning

Denna utbildningsaktivitet har utvecklats inom ramen för det första ESA Education hackathonet för gymnasieelever: "Hack an Exoplanet". Dessa utmaningar gör det möjligt för eleverna att använda riktiga satellitdata för att undersöka främmande världar och bli exoplanetdetektiver för en dag.

I januari 2023 observerade ESA:s Cheops-satellit (CHaracterising ExOPlanet Satellite) två exoplaneter, KELT-3b och TOI-560c, särskilt för denna aktivitet. Genom att analysera Cheops data kan eleverna ansluta sig till ESA:s forskare i sökandet efter svar och hjälpa dem att förstå dessa två mystiska utomjordiska världar.



↑ Konstnärlig representation av Cheops.

Utmaningarna är praktiska aktiviteter där eleverna analyserar data från ESA:s Cheops-satellit. Eleverna karakteriserar exoplaneternas viktigaste egenskaper med hjälp av stödmaterialet och den pedagogiska versionen av anpassningsverktyget *allesfitter*, som utarbetats särskilt för dessa datamängder. Till aktiviteterna finns både skriftliga instruktioner och instruktionsfilmer med förklaringar och exempel som utarbetats av experter på exoplaneter.

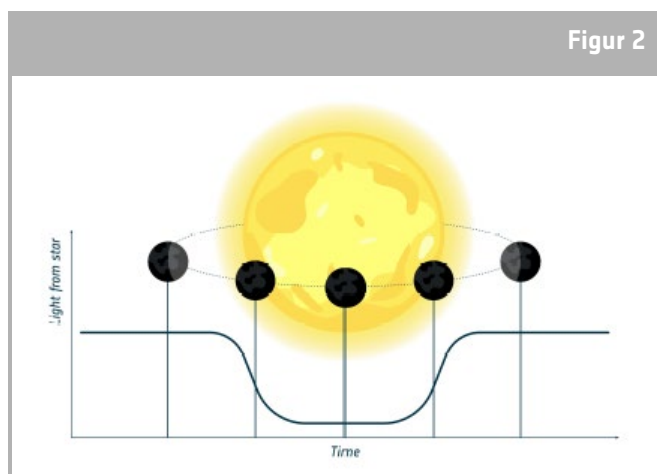
Aktiviteterna kan genomföras med olika undervisningsmetoder, genom guidat lärande eller projektbaserat lärande, t.ex. i ett hackathon. I lärarhandledningen presenteras båda alternativen.

### Vad är en exoplanet?

Exoplaneter, eller extrasolära planeter, är planeter utanför vårt eget solsystem som kretsar kring en annan stjärna än vår sol.

### Hur studerar vi exoplaneter?

Det finns för närvarande över 5 000 bekräftade exoplaneter i cirka 4 000 stjärnsystem, men exoplaneter är svåra att upptäcka. Den signal som vi får från en exoplanet är mycket liten i jämförelse med den mycket större signal som kommer från deras större, ljusare värdstjärna, vanligtvis mycket mindre än 1 %.



↑ Representation av transitmetoden.

Det finns olika metoder för att upptäcka och karakterisera exoplaneter, i den här aktiviteten kommer vi att använda **transitmetoden**, även kallad den **fotometriska metoden**. Detta är den vanligaste metoden för att hitta exoplaneter.

**Fotometri** - ordet fotometri kommer från grekiskan: foto "ljus" och metri "mått". Det är en teknik som används inom astronomin för att mäta ljuset från stjärnor på ett kvantitativt sätt.

**Transit** - exoplaneten upptäcks då den passerar framför stjärnan och blockerar lite av ljuset från stjärnan.

## → Aktivitet

Aktiviteten *Hacka en exoplanet* består av två utmaningar. Den första utmaningen är att analysera ljuskurvan vid transit av den jättelika exoplaneten KELT-3b. Genom att följa instruktionerna i stödmaterialet och/eller följa informationen i instruktionsfilmerna kommer eleverna att kunna härleda egenskaperna för KELT-3b.

Den andra utmaningen är att analysera ljuskurvan vid transit av exoplaneten TOI-560c som är en mini-Neptunus. Efter att ha slutfört processen för KELT-3b bör eleverna kunna genomföra dataanalysen av TOI-560c självständigt genom att följa en liknande process.

## Utrustning

- Dator med tillgång till internet för att få tillgång till webbläsarprogrammet *allesfitter*. Om detta steg inte är möjligt kan grupperna använda de bäst anpassade parametrarna i **bilaga 1** - Transitljuskurva för exoplaneten KELT-3b och **bilaga 2** - Transitljuskurva för exoplaneten TOI-560c.
- Ett utskrivet arbetsblad för varje grupp som innehåller:
  - Karta för undersökning av exoplaneter
  - KELT-3b- och TOI-560c-akterna
  - Information om planeterna i solsystemet
  - Steg-för-steg-guide för *allesfitter*
- Miniräknare (valfritt)
- Den här aktiviteten har också sex informationsfilmer för att vägleda grupperna (se avsnittet Länkar):
  - Introduktion till Hack an Exoplanet - bli en exoplanetdetektiv
  - *Allesfitter* mini tutorial - steg-för-steg-guide om hur man anpassar den bästa modellen till data.
  - Hur man bestämmer storleken på en exoplanet
  - En exoplanets omloppstid och avstånd med hjälp av Keplers tredje lag.
  - Kan exoplaneter vara beboeliga?
  - Vad består exoplaneter av?

Den information som ges i filmerna presenteras också i den här lärarhandledningen.

## Övning:

Datamängderna för de två målen hämtades av ESA:s Cheops-satellit den 22 och 23 januari 2023, särskilt för denna utbildningsaktivitet. Data har bearbetats av ESA:s experter och är redo att användas av eleverna.

Denna aktivitet kan genomföras med olika undervisningsmetoder, genom guidat lärande eller projektbaserat lärande, t.ex i ett hackathon. I lärarhandledningen presenteras båda alternativen.

Vi rekommenderar att den här aktiviteten genomförs i grupper om 3-4 elever. På så sätt kan eleverna tillsammans diskutera både det bästa sättet att lösa varje utmaning och resultaten.

**Anmärkning:** Om analysen av uppgifterna är för komplicerad kan grupperna också komplettera akterna genom att söka information på nätet.

## Guidat lärande

- Börja med att introducera ämnet exoplaneter för klassen. Vi föreslår att du använder den här introduktionsfilmen: *Introduktion till att Hack an exoplanet*.
- Dela in klassen i grupper om 3-4 elever.
- Presentera utmaningen för eleverna. Varje grupp måste karakterisera de viktigaste egenskaperna hos exoplaneten KELT-3b genom att fylla i den akt som finns i elevernas arbetsblad. Grupperna måste bestämma KELT-3b:s storlek, omloppstid, banavstånd, temperatur och sammansättning och jämföra dess egenskaper med planeterna i vårt solsystem. På kartan för undersökning av exoplaneter finns mer information om varje egenskap som nämns.
- Dela ut arbetsbladen till grupperna och ge dem några minuter att analysera den.
- Ange en tid för grupperna att bestämma varje egenskap hos exoplaneten. *Innan* lagen börjar sitt arbete med att bestämma varje egenskap, visa dem respektive informationsfilm. Informationsfilmerna innehåller information om hur man bestämmer varje egenskap och lösningen för KELT-3b.
- Se till att grupperna förstår hur de ska bestämma varje parameter innan de går vidare till nästa.
- Efter att de har bestämt alla parametrar ska grupperna presentera och diskutera sina slutsatser med klassen.
- Som nästa steg kan du föreslå att de gör utmaning 2 och bestämmer egenskaperna hos exoplaneten TOI-560c.

## Projektbaserat lärande - hackathon

- Dela in klassen i grupper om 3-4 elever.
- Börja med att introducera hackathonkonceptet för eleverna med hjälp av den här introduktionsfilmen: *Introduktion till Hack an Exoplanet*
- Du kan låta grupperna utföra utmaningarna självständigt (t.ex. som läxor eller som ett klassrumsprojekt) eller göra det som ett gemensamt i klass- eller ett skolevenemang.
- Om det behövs, förstärk konceptet för utmaningen för eleverna. Varje grupp ska karakterisera de viktigaste egenskaperna hos exoplaneten KELT-3b genom att fylla i den akt som finns i deras arbetsblad. Grupperna måste bestämma KELT-3b:s storlek, omloppstid, banavstånd, temperatur och sammansättning och jämföra dess egenskaper med planeterna i vårt solsystem. I kartan för undersökning av exoplaneter finns mer information om varje egenskap som nämns.
- Dela ut arbetsbladen till grupperna och ge dem en tidsram för att klara av hela utmaningen, vi föreslår cirka 90 minuter för analysen av KELT-3b.
- För att se till att grupperna gör stadiga framsteg kan du fastställa en tidsram för att fastställa varje egenskap eller visa den relevanta videon och ge tips vid specifika tillfällen. Informationsfilmerna innehåller information om hur man bestämmer varje egenskap och lösningen för KELT-3b.
- Efter att ha bestämt alla parametrar ska grupperna presentera och diskutera sina slutsatser med hela gruppen.
- Som nästa steg kan du föreslå att de gör utmaning 2 och bestämmer egenskaperna hos exoplaneten TOI-560c.

## → Utmaning 1 - Analys av KELT-3b-data

### Tillgång till och anpassning av satellitdata

Uppgifterna kan nås via följande länk: [hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](http://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)

Den här versionen av *allesfitter* är en onlineapplikation som ger enkel och gratis tillgång till Cheops-satellitdata, vilket gör det möjligt att modellera flera exoplaneter utifrån transitmätningar. Den kan nås från en webbläsare på en dator.

För att få fram parametrarna för den bästa modellen bör eleverna följa *allesfitter*-guiden steg för steg i arbetsbladet för elever, eller följa instruktionsfilmen. Denna guide ger instruktioner om hur man använder den webbaserade utbildningsversionen av *allesfitter*-verktyget. I denna version av verktyget har datamängderna redan laddats upp, och det är endast möjligt att utforska specifika parametrar: planetradie, stjärnradie och mitt-transittid.

**Anmärkning:** Om detta steg inte är möjligt kan grupperna använda de bäst anpassade parametrarna i **bilaga 1** - Transitljuskurva för exoplaneten KELT-3b och **bilaga 2** - Transitljuskurva för exoplaneten TOI-560c.

### Hur bestämmer man storleken på en exoplanet?

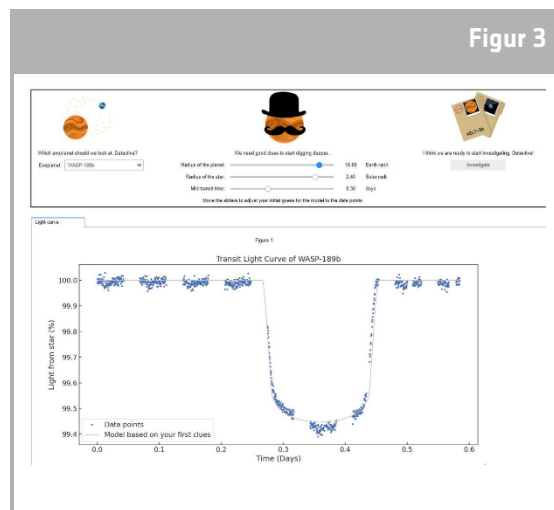
När man använder transitmetoden mäter teleskopet mängden stjärnljus under en viss tidsperiod. Forskarna anpassar modeller till datan för att försöka upptäcka variationer i stjärnljuset som kan orsakas av en exoplanet.

När vi använder transitmetoden upptäcker vi inte exoplaneten direkt (utom i mycket speciella fall). Vi mäter i stället den mängd stjärnljus som exoplaneten blockerar när den passerar mellan stjärnan och teleskopet.

Mängden stjärnljus som exoplaneten blockerar brukar kallas transitdjupet. Detta värde är proportionellt mot exoplanetens projicerade yta.

Det är möjligt att bestämma exoplanetens radie ( $R_p$ ) om man känner till stjärnans radie ( $R_s$ ) och transitdjupet:

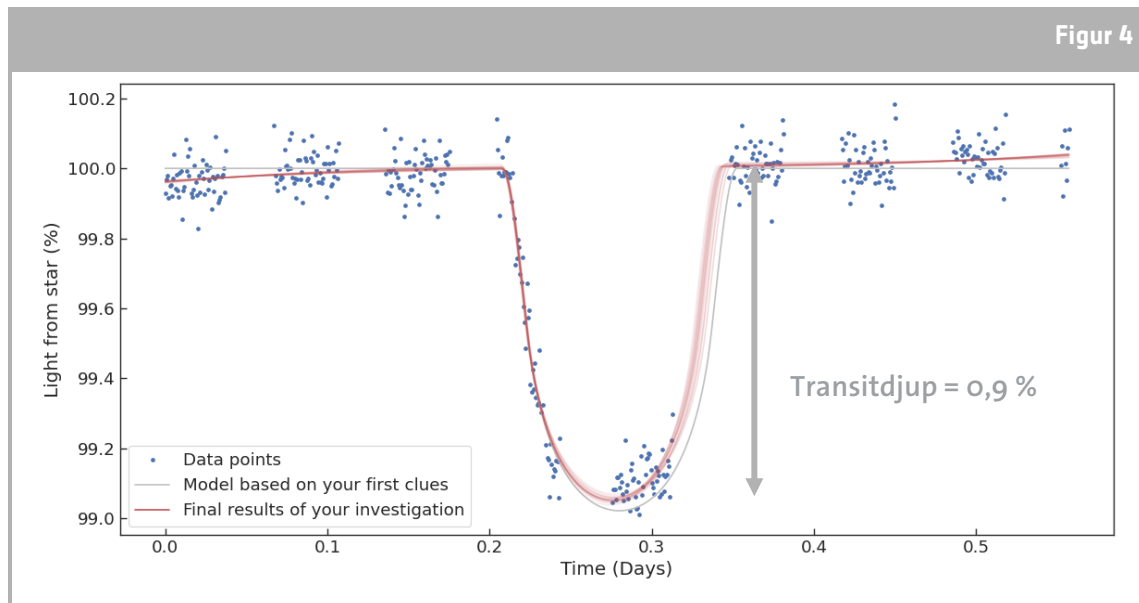
$$\text{transitdjup} \approx \frac{\pi \cdot R_p^2}{\pi \cdot R_s^2} \times 100$$



↑ Allesfitter-gränssnitt.

## Exempel KELT-3b:

Låt oss nu analysera data från KELT-3b som ett exempel.



↑ KELT-3b-data från Cheops med bästa modellenpassningen av transitljuskurvan från *allesfitter*.

Radien för stjärnan KELT-3 är känd och anges i akten:  $R_s = 1.70 R_{\text{Sun}}$

Genom att analysera Cheops data kan vi mäta att transitdjupet är ungefär 0,9 % (figur 4).

Med hjälp av ekvationen ovan:

$$R_p = \sqrt{R_s^2 \times \frac{\text{transit depth}}{100}} = \sqrt{1.70^2 \times \frac{0.9}{100}} = 0.161 R_{\text{Sun}}$$

Konvertering till enheter för jordradier:  $R_p = 0.161 \times 109 = 17.5 R_{\text{Earth}}$

När eleverna kör *allesfitter*-programmet får de fram ett värde för radien som passar bäst. Detta värde kan skilja sig avsevärt från denna enkla uppskattning. I gränssnittet kan eleverna bara variera tre parametrar, men *allesfitter*-programmet anpassar data med en komplex modell med flera dolda parametrar som kan ge en mer fullständig anpassning till data.

## Hur man bestämmer omloppstiden och banavståndet med hjälp av Keplers tredje lag.

En planets omloppstid  $T$  är den tid det tar för planeten att fullfölja ett helt varv runt sin stjärna. Detta kan mätas genom att hitta tiden vid mitten av passagen (mitt-transittiden) för två på varandra följande passager av samma exoplanet och mäta tidsintervallet mellan dem.

För dessa observationer har vi bara en passage, men vi kan extrapolera omloppstiden genom att jämföra de aktuella observationsdata med tidigare observationsdata som finns i dataarkivet.



När vi känner till exoplanetens omloppstid kan vi använda Keplers tredje lag för att få fram det genomsnittliga banavståndet  $d$  mellan planeten och stjärnan.

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM_s} \right) d^3$$

Där  $G$  är gravitationskonstanten och  $M_s$  är stjärnans massa.

### Exempel KELT-3b:

Låt oss nu analysera data från KELT-3b som ett exempel. I den här övningen bör eleverna vara mycket uppmärksamma på enheterna.

- Gravitationskonstanten i SI-enheter är  $G = 6.67430 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
- Vi känner till stjärnan KELT-3:s massa:  $M_s = 1.96 M_{\text{Sun}}$
- Vi måste omvandla dess massa till SI-enheter:  $M_s = 3.90 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Från modellanpassningen har vi fått reda på att omloppstiden,  $T = 2,70339 \text{ dagar}$ . Omvandling av omloppstiden till sekunder:  $T = 233573 \text{ s}$

Vi har nu all information som behövs för att bestämma avståndet mellan stjärnan och exoplaneten.

$$d = \sqrt[3]{\frac{GM_s}{4\pi^2} T^2} = \sqrt[3]{\frac{6.67430 \times 10^{-11} \times 3.90 \times 10^{30}}{4\pi^2} 233573^2} = 7.112 \times 10^9 \text{ m} = \mathbf{0.048 \text{ au}}$$

Låt oss nu jämföra KELT-3b:s period och genomsnittliga banavstånd med planeterna i vårt solsystem:

Planet	Omloppstid (dagar)	Genomsnittligt banavstånd (au)
KELT-3b	2,70339	0,048
Merkurius	87,97	0,4
Jorden	365,25	1
Neptunus	60 266,25	30

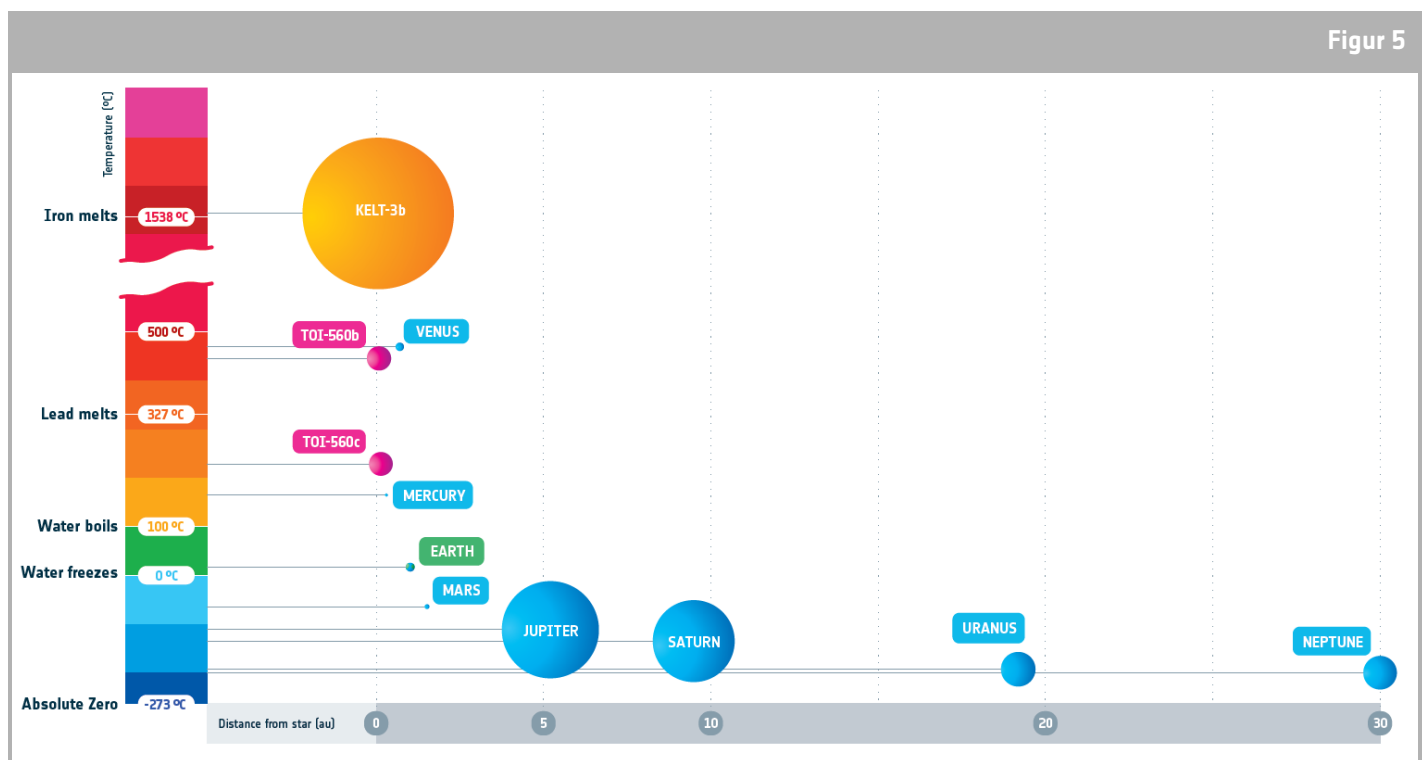
[↑ Jämförelse av omloppstid och genomsnittligt banavstånd för KELT-3b och planeter i solsystemet](#)

KELT-3b har en mycket kortare omloppstid än Merkurius, den närmaste planeten till solen i vårt solsystem, på grund av exoplanetens korta avstånd till sin värdstjärna. Transitmetoden identifierar lättare planeter i dessa typer av banor, än den identifierar planeter som de i vårt solsystem.

## Hur vet vi om en exoplanet kan vara beboelig?

Än idag är jorden den enda plats i universum som är känd för att hysa liv. Det är också okänt om liv skulle kunna utvecklas och existera under förhållanden som är mycket olika dem som råder på vår planet. När forskarna undersöker exoplaneter och definierar de möjliga förutsättningarna för beboelighet försöker de identifiera liknande förhållanden som på jorden, till exempel temperatur.

En viktig faktor som måste beaktas när det gäller beboelighet är temperaturen. En planets temperatur bestäms främst av avståndet till värdstjärnan. När en planet kretsar kring en stjärna på ett sådant avstånd att **flytande vatten** kan finnas på dess yta, befinner sig planeten i sin värdstjärnas **beboeliga zon**.



↑ Diagram som visar planetens storlek och temperatur i förhållande till avståndet till värdstjärnan. Planeternas storlek och avstånd representeras med två olika skalor.

### Venus: undantaget i solsystemet

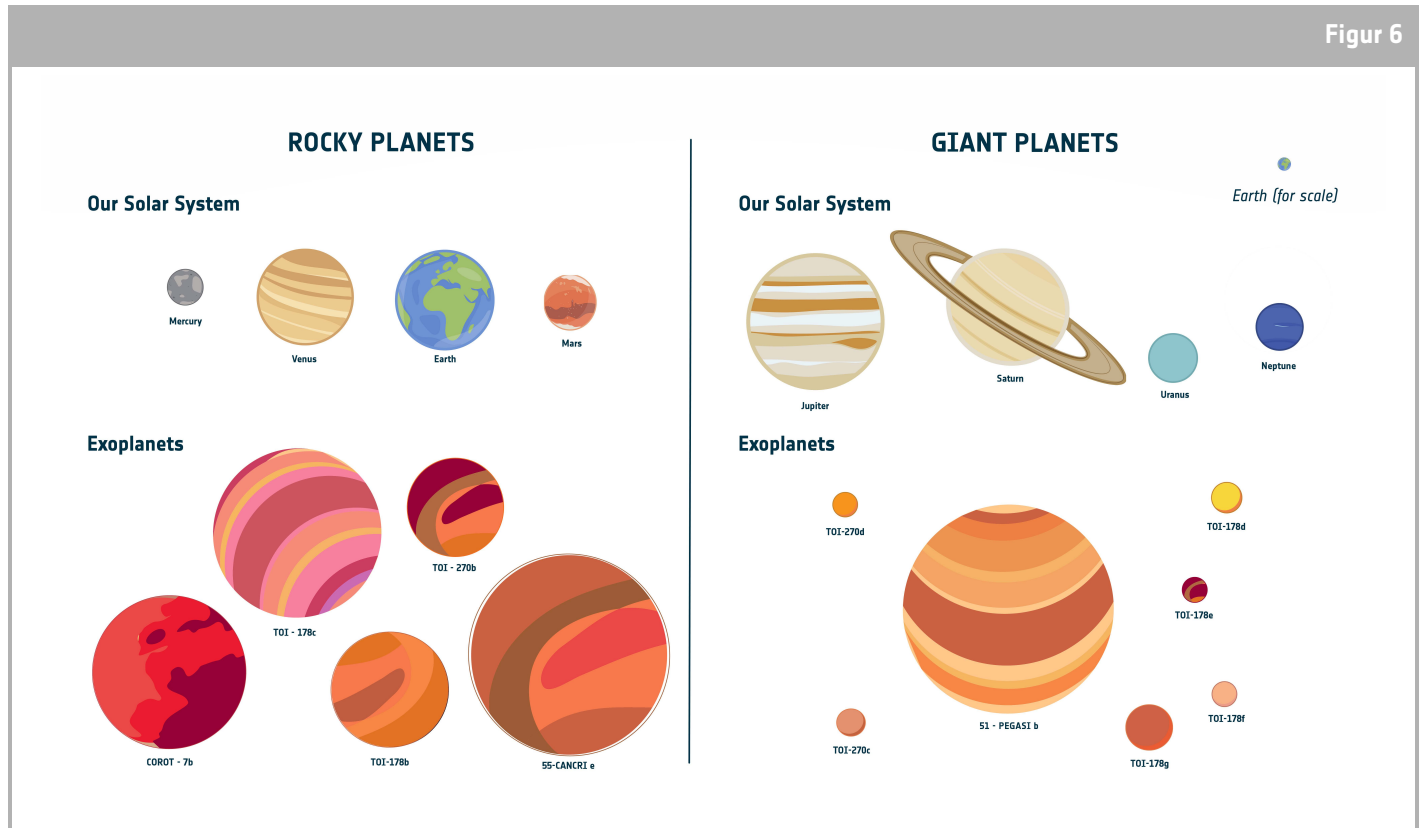
Den temperatur som uppmäts på en planets yta påverkas också av atmosfären. I solsystemet är Venus ett extremt exempel. Dess tjocka atmosfär fungerar som ett växthus och värmer upp ytan till över smältpunkten för bly, vilket gör den till en varmare planet än Merkurius, trots att den ligger längre bort från solen.

### Exempel KELT-3b:

Låt oss nu diskutera KELT-3b som ett exempel. Det är osannolikt att KELT-3b skulle kunna hysa liv eftersom den ligger för nära sin värdstjärna, vilket gör att dess yttemperatur är mycket hög, över smältpunkten för järn. De flesta aminosyror, livets byggstenar, skulle inte överleva sådana extrema temperaturer. Planeten bombarderas också av höga strålningsnivåer på grund av det mycket korta avståndet till sin värdstjärna.

## Vad består exoplaneter av?

I vårt solsystem delas planeterna vanligtvis in i två kategorier: steniga och gasformiga. Exoplaneter kan dock skilja sig mycket från de grannplaneter vi är vana vid.



↑ Exempel på konstnärlig avbildning av verkliga exoplaneter som redan har upptäckts i omloppsbanan runt närliggande stjärnor.

Genom att beräkna en exoplanets genomsnittliga **densitet**,  $\rho$ , kan man få en uppfattning om exoplanetens sammansättning.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Där  $M$  är exoplanetens massa och  $V$  är exoplanetens volym.

Exoplanetens massa och volym bestäms normalt med ett stort fel i värdena. Dessa fel överförs sedan till beräkningen av exoplanetens täthet, vilket skapar en osäkerhet i värdet på tätheten på mellan 10 och 30 %.

En annan teknik som används för att studera exoplaneter kallas spektroskopi. Med denna teknik delas ljuset från stjärnan eller exoplaneten upp i olika våglängder, vilket gör det möjligt att fastställa exoplanetens **atmosfäriska sammansättning** eller molntäckning.

### Exempel KELT-3b:

Låt oss nu analysera data från KELT-3b som ett exempel. KELT-3b:s massa är  $617 M_{\text{Jord}}$ . Detta värde kan inte bestämmas med hjälp av transitmetoden. Det bestämdes från tidigare observationer med hjälp av en annan teknik som kallas radialhastighet.

I den första övningen har vi redan bestämt KELT-3b:s radie. Genom att känna till radien kan vi beräkna exoplanetens volym, om vi antar att den är en perfekt sfär:  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ .

$$M_p = 617 M_{\text{Jord}} = 3,685 \times 10^{30} \text{ g}$$

$$R_p^* = 17,5 R_{\text{Jord}} = 1,116 \times 10^{10} \text{ cm}$$

\* Detta värde för radien uppskattades från beräkningen av transitdjupet, men eleverna kan också använda allesfitter-modellens värde för bästa anpassning.

$$\rho = \frac{M}{V} = 0.63 \text{ g cm}^{-3}$$

Detta värde är mycket mindre än Jupiters genomsnittliga densitet och ligger närmare densiteten hos WASP-189b (en känd exoplanet med varm Jupiter). Det lilla avståndet till värdstjärnan och den höga temperaturen gör exoplaneten "fluffig".

## Sammanfattning av KELT-3b

KELT-3b är en het Jupiter som kretsar kring en solliknande stjärna, KELT-3, ungefär 690 ljusår från jorden.

KELT-3b kretsar mycket nära sin värdstjärna, mer än tio gånger närmare än vad jorden kretsar runt solen. Exoplaneten behöver bara 2,7 dagar för att fullborda en fullständig omloppsbanan runt KELT-3b.

På grund av närheten till sin värdstjärna är exoplanetens medeltemperatur mycket hög, över järnets smälttemperatur, vilket gör den helt obeboelig.

KELT-3b består huvudsakligen av väte och helium, vilket liknar Jupiter. På grund av exoplanetens höga temperatur och närhet till stjärnan är dess atmosfär mycket utdragen ("fluffig") och dess medeldensitet är mycket låg.

Tabell 2	
Exoplaneter	KELT-3b
Typ av planet	Het Jupiter
Radius ( $R_{\text{Earth}}$ )	16,81 (från allesfitter)
	17,5 (från transitdjupet)
Massa ( $M_{\text{Earth}}$ )	$617 \pm 105$
Omloppstid (dagar)	2,70339
Genomsnittligt banavstånd (au)	~0,048
Densitet ( $\text{g/cm}^3$ )	~0,63
Medeltemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	~1 543

↑ [Sammanfattning av en uppskattning av KELT-3b:s egenskaper](#)

## Skicka in ditt projekt

Grupperna kan skicka in sitt gruppprojekt Hack an Exoplanet på plattformen Hack an Exoplanet för att få ett deltagarcertifikat. För att skicka in ditt projekt går du till [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

## → Utmaning 2 - Analys av TOI-560c-data

Efter att ha slutfört analysen av KELT-3b bör grupperna kunna följa samma analysprocess för TOI-560c-data.

All information som behövs finns tillgänglig i akten i elevbladet och på [hackanexoplanet.esa.int/challenges](https://hackanexoplanet.esa.int/challenges).

Grupperna kan skicka in sitt projekt Hack an Exoplanet på plattformen Hack an Exoplanet för att få ett deltagarcertifikat. För att skicka in ditt lags projekt går du till [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

### Priset för bästa projekt:

För att få chansen att vinna priset för bästa projekt ska lagen skicka in sin undersökande journal om TOI-560c enligt mallen.

Din grups inlämning bör innehålla er analys av Cheops data för TOI-560c och den bör följa formatet för en vetenskaplig artikel med abstrakt, analys, resultat och slutsatser.

De vinnande lagen kommer att få ESA-goodies och möjlighet att delta i ett webbseminarium med Nobelpristagaren i fysik Didier Queloz den 17 juli 2023. Sista inlämningsdag är den 14 juni 2023.

För att skicka in ditt projekt går du till [hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project](https://hackanexoplanet.esa.int/submit-your-project).

## → LÄNKAR

### Stödresurser

Hacka en exoplanet:

[hackanexoplanet.esa.int/sv/](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/)

Hacka en exoplanet - Guide för pedagoger

[hackanexoplanet.esa.int/sv/educators-guide](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/educators-guide)

AllesFitter utbildningsversion av programvaran:

[hackanexoplanet.esa.int/allesfitter](https://hackanexoplanet.esa.int/allesfitter)

Introduktion till Hack an Exoplanet - bli en exoplanetdetektiv (eng)

[hackanexoplanet.esa.int/challenges](https://hackanexoplanet.esa.int/challenges)

*Allesfitter* mini tutorial - steg-för-steg-guide om hur man anpassar den bästa modellen till data.

[hackanexoplanet.esa.int/sv/allesfitter-guide](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/allesfitter-guide)

Hur man bestämmer storleken på en exoplanet

[hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-size](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-size)

En exoplanets omloppstid och avstånd med hjälp av Keplers tredje lag.

[hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-orbital-period-and-distance](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-orbital-period-and-distance)

Kan exoplaneter vara beboeliga?

[hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-temperature-and-habitability](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-temperature-and-habitability)

Vad består exoplaneter av?

[hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-composition](https://hackanexoplanet.esa.int/sv/challenges-composition)

Vetenskapliga referenser för KELT-3b (eng)

[exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3](https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/overview/KELT-3)

### ESA:s resurser

ESA:s resurser för klassrummet

[esa.int/Education/Classroom\\_resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

Undervisa om exoplaneter

[esa.int/Education/Teach\\_with\\_Exoplanets](https://esa.int/Education/Teach_with_Exoplanets)

Möt Cheops: the CHaracterising ExOplanet Satellite

[esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2019/12/Meet\\_Cheops\\_the\\_Characterising\\_Exoplanet\\_Satellite](https://esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/12/Meet_Cheops_the_Characterising_Exoplanet_Satellite)

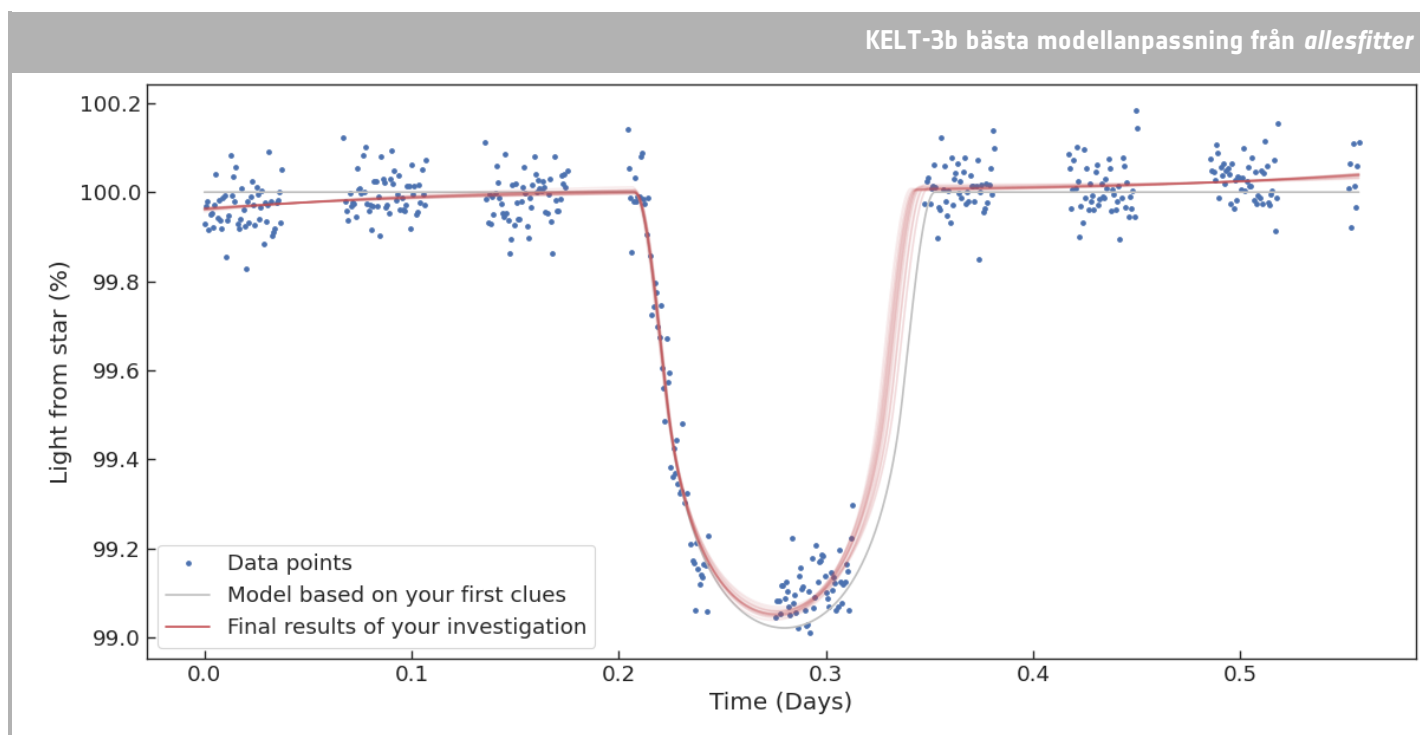
### ESA:s rymdprojekt

Cheops - CHaracterising ExOPlanet Satellite

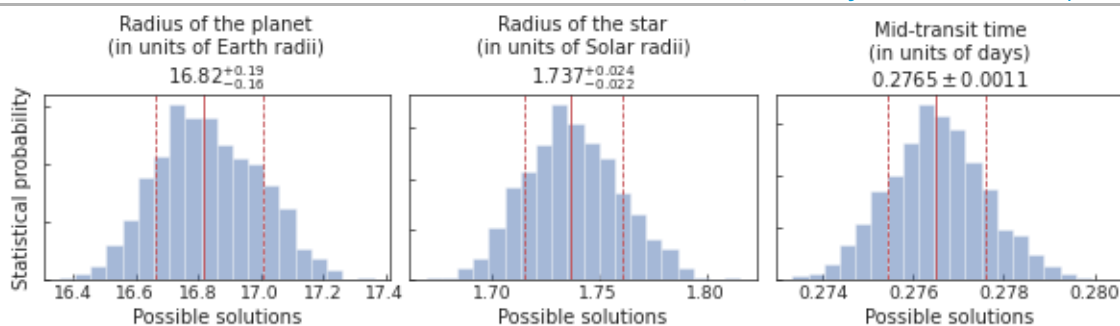
[esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Cheops](https://esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops)

## → Bilaga 1

### Transitljuskurva för exoplaneten KELT-3b



↑ [Transitljuskurva med bäst passande modell.](#)



- Histogrammen visar sannolikheten för att varje parameter har ett visst värde.
- Den centrala, heldragna linjen visar medianvärdet för varje parameter.
- De streckade linjerna till vänster och höger om den anger den nedre respektive övre gränsen.
- Dessa kallas 1-sigma osäkerheter. Det innebär att vi statistiskt sett kan vara 68 procent säkra på att det sanna värdet ligger inom dessa gränser.
- Observera att detta innebär att det är möjligt att det sanna värdet av en parameter ligger utanför dessa gränser; de är endast statistiska osäkerheter, inte definitiva gränser.

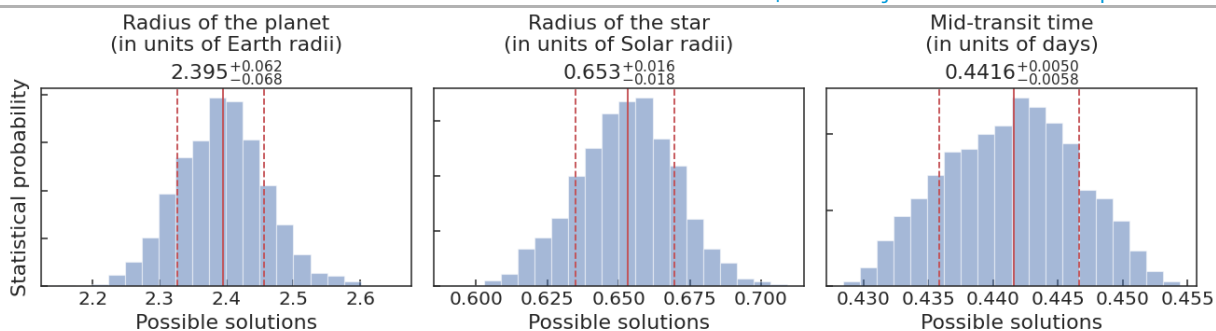
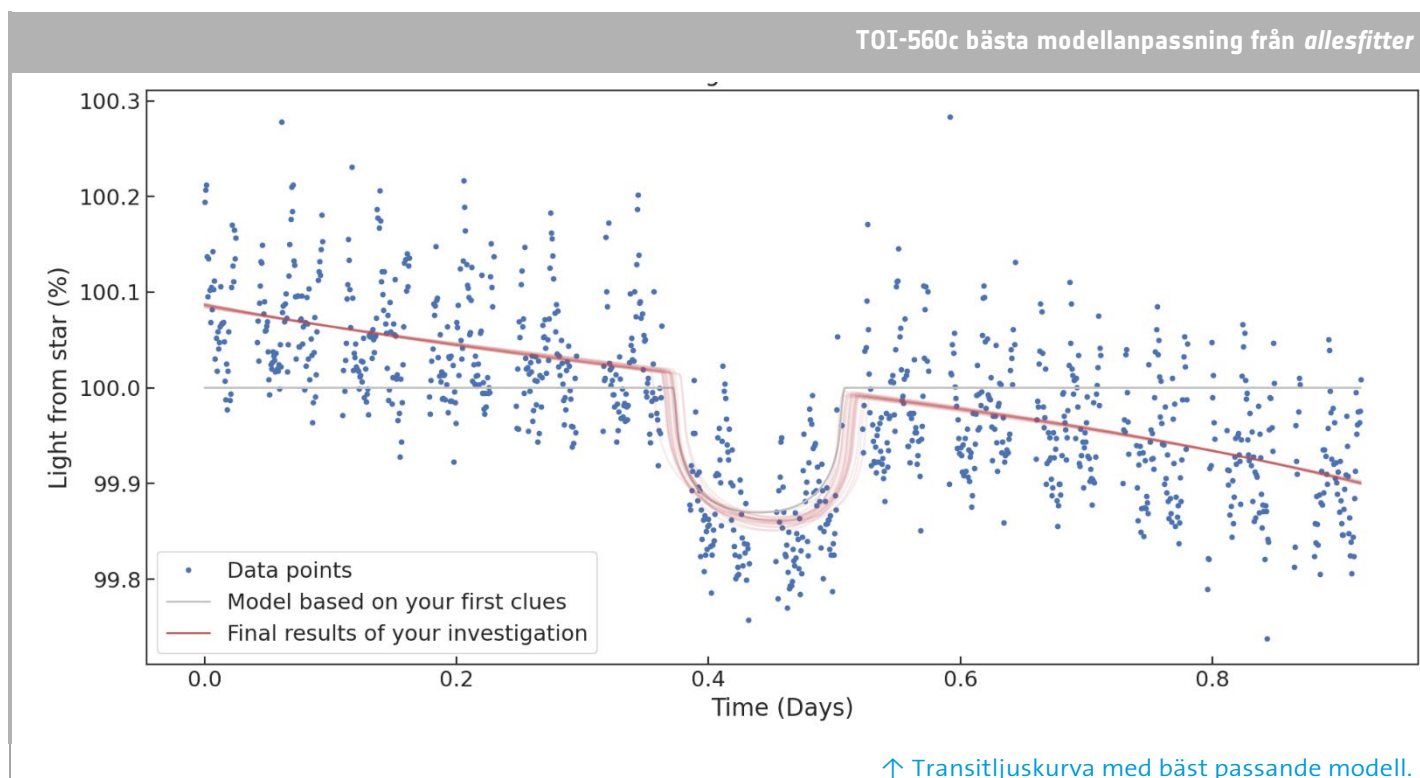
↑ [Histogram av den statistiska sannolikheten för alla parametervärden för KELT-3b.](#)

Namn	Medianvärde	Lägre fel	Övre fel	Anmärkning
Planetens radie (i enheter av jordradier).	16,82	0,16	0,19	Cheops observationer
Stjärnans radie (i enheter av solradier).	1,737	0,022	0,024	Cheops observationer
Tid i mitten av transiten (i dagar).	0,2765	0,0011	0,0011	Cheops observationer
Omloppstid (i dagar).	2,70339			Andra observationer från arkivet

↑ [Tabellen med de bäst anpassade modellparametrarna.](#)

## → Bilaga 2

### Transitljuskurva för exoplaneten TOI-560c



- Histogrammen visar sannolikheten för att varje parameter har ett visst värde.
- Den centrala, heldragna linjen visar medianvärdet för varje parameter.
- De streckade linjerna till vänster och höger om den anger den nedre respektive övre gränsen.
- Dessa kallas 1-sigma osäkerheter. Det innebär att vi statistiskt sett kan vara 68 procent säkra på att det sanna värdet ligger inom dessa gränser.
- Observera att detta innebär att det är möjligt att det sanna värdet av en parameter ligger utanför dessa gränser; de är endast statistiska osäkerheter, inte definitiva gränser.

↑ [Histogram av den statistiska sannolikheten för alla parametervärden för TOI-560c.](#)

Namn	Medianvärde	Lägre fel	Övre fel	Anmärkning
Planetens radie (i enheter av jordradier).	2,395	0,068	0,062	Cheops observationer
Stjärnans radie (i enheter av solradier).	0,653	0,018	0,016	Cheops observationer
Tid i mitten av transiteringen (i dagar).	0,4416	0,0058	0,0050	Cheops observationer
Omloppstid (i dagar).	18,8797			Andra observationer från arkivet

↑ [Tabellen med de bäst anpassade modellparametrarna.](#)