

Slutrapport



FORSKAR FREDAG²⁰¹⁹ STJÄRNFÖRSÖKET

***FORSKARFREDAGS
MASSEXPERIMENT 2019***

VA-RAPPORT 2020:3

VA-rapport 2020:3

Utgivare: Vetenskap & Allmänhet, VA, i september 2020

Box 5073, 102 42 Stockholm

Telefon: 08-791 30 54

E-post: info@v-a.se

Webbplats: www.v-a.se

Redaktion: Cissi Askwall, Martin Bergman, Urban Eriksson, Hanna Mellin, Tanja Kramer Nymark, Lena Söderström och Lotta Waesterberg Tomasson

Redigering & grafisk form: Lotta Waesterberg Tomasson, VA

Foto fram- och baksida: Anna Olsson

Mer information om projektet finns på www.forskarfredag.se/stjarnforsoket

Rapporten får gärna citeras med angivande av VA som källa.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING.....	4
BAKGRUND OCH SYFTE.....	6
LJUSFÖRORENINGAR - ETT VÅXANDE PROBLEM.....	6
SYFTE.....	7
HUR GICK DET TILL?.....	9
MEDBORGARFORSKNING.....	9
METOD.....	9
GENOMFÖRANDE.....	10
BERÄKNING.....	12
RESULTAT.....	15
VAD FANN VI?.....	16
SVERIGE I STORT.....	18
REGIONALT I SVERIGE.....	19
SUMMERING AV RESULTATEN.....	22
KUL MEN KNEPIGT - ÅTERKOPPLING FRÅN DELTAGARNA.....	22
INTERNATIONELLT	23
DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	25
HUR BRA ÄR METODEN?.....	25
ENKELHETEN - EN VIKTIG DEL AV FRAMTIDEN.....	26
OSÄKERHETER.....	27
VAD KAN VI GÖRA?.....	28
REFERENSER.....	29

SAMMANFATTNING

STJÄRNFÖRSÖKET 2019 – 2020

Under 2019 och början av 2020 gav sig skolelever, scoutgrupper, astronomer och intresserade privatpersoner ut för att räkna stjärnor på natthimlen. Syftet var att testa en ny metod för att mäta ljusföreningar, enligt principen att ju fler stjärnor du ser på natthimlen, desto mindre ljusföreningar.

Projektet startade i Sverige i februari 2019. I september samma år lanserades projektet även i Irland, Storbritannien och Spanien. Totalt rapporterades 1 912 observationer in. Projektet fick ett stort genomslag och problemen med ljusföreningar togs upp i skolor och scoutstugor liksom i samband med astronomiska visningar och under vetenskapsfestivalen ForskarFredag.

Ljusföreningar är ett växande problem som påverkar människor, djur och natur negativt. För att lära oss mer om effekterna behöver vi precisa, tillförlitliga mätmetoder som kan användas och jämföras i stor skala. I projektet ville vi öka kännedomen om problemet och testa en ny mätmetod som kan bidra till ny kunskap om ljusföreningar. Den nya mätmetoden testades genom att jämföra resultaten med resultaten från andra mätmetoder.

Metoden som användes var enkel och krävde inte några förkunskaper. Det som behövdes var en kompass och ett mätinstrument bestående av ett papprör med en gradskiva på. Varje deltagare räknade antalet stjärnor de såg genom röret, i nio förutbestämda riktningar. Observationerna rapporterades sedan in i appen Stjärnförsöket eller via webben och observatören fick direkt ett resultat på hur ljusförorenat det var på den plats där observationen gjordes.

Några av resultaten:

- 252 skolklasser, 29 scoutgrupper och 176 privatpersoner anmälde sitt intresse att delta i Stjärnförsöket.
- Av totalt 1 921 observationer som registrerats i Irland, Spanien, Storbritannien och Sverige finns drygt 900 i Sverige.
- Vid 17 procent av observationerna kunde man inte se någon stjärna alls. Vid de mätningar där man kunde se stjärnor på himlen var genomsnittet 454 stjärnor synliga över hela himlen. Det motsvarar en gränsmagnitud¹ på 4,5. Antalet varierade mycket, från inga alls till flera tusen synliga stjärnor.
- En jämförelse visar att Stjärnförsöket ger ungefär samma resultat som andra metoder för att mäta ljusföreningar. Det betyder att metoden vi utvecklat under Stjärnförsöket fungerar bra för att mäta ljusföreningar!

¹ Gränsen för ljusstyrkan på en stjärna som man under optimala förhållanden kan se med blotta ögat, se sid. 10.

De resultat vi ser i studien tyder på att metoden kan vara ett enkelt och tillförlitligt sätt att mäta ljusföroreningar. Metoden skulle därför i framtiden kunna användas för att studera hur ljusföroreningar förändras över tid, genom att göra upprepade mätningar på samma plats. En fördel med metoden är också att den kan fånga upp små lokala skillnader i ljusföroreningar, något som andra metoder har svårt att fånga upp. Om vi alla tillsammans kan hjälpa till att mäta ljusföroreningar genom att kika genom ett papprör och räkna hur många stjärnor vi ser, är detta ett enkelt och billigt komplement till andra metoder för att mäta ljusföroreningar, som att skicka upp satelliter i rymden.

Projektet genomfördes som en del av den svenska vetenskapsfestivalen ForskarFredag 2019 som var en del av European Researchers' Night.

Ansvarig forskare var docent **Urban Eriksson**, universitetslektor i fysik med specialisering i astronomididaktik vid Lunds universitet och Högskolan Kristianstad. Fil. dr. **Tanja Nymark**, utvecklingsledare i fysik vid Vetenskapens Hus, bidrog till analysen. Projektledare var **Lena Söderström** och Fil.dr. **Martin Bergman** på föreningen Vetenskap & Allmänhet.

Stjärnförsöket är resultatet av ett samarbete mellan *Vetenskap & Allmänhet*, *Nationellt resurscentrum för fysik*, *Lunds universitet*, *Högskolan Kristianstad*, *Rymdstyrelsen*, *Svenska Astronomiska Sällskapet*, *Umevatoriet* och *Vetenskapens hus* och finansieras av forskningsrådet *Formas*.

Internationellt genomfördes projektet i samarbete med Fundación Descubre, Esciencia, La Palma Centre och Fundación Madri+d i Spanien, University College Cork och Trinity College Dublin i Irland och The Natural History Museum, London, Storbritannien.

STORT TACK till alla som deltog i projektet!

Trevlig läsning!



Bild 1. Deltagare i Stjärnförsöket i Umeå vintern 2019. Foto: Mattias Pettersson, Umeå universitet

BAKGRUND OCH SYFTE

LJUSFÖRORENINGAR – ETT VÄXANDE PROBLEM

Fler och fler människor världen över bor i städer eller tätorter med mycket ljus nattetid. Det konstgjorda ljuset från gatubelysning, skyltfönster, ljusskyltar och upplysta byggnader lyser upp himlen så att stjärnorna inte syns. Fenomenet kallas för ljusföroreningar.

Ljusföroreningar är ett växande problem. Städer i hela världen växer och fler städer lysas upp. LED-lampor blir allt vanligare, vilket minskar elförbrukningen, men förvärrar problemen med ljusföroreningar. Nattmörker börjar bli en bristvara i världen och är ett miljöproblem att ta på allvar².

Vilka effekter den upplysta natten har på oss människor, på växter, på djurs beteende och på den biologiska mångfalden, är till stora delar okänt, men är något som forskare håller på att lära sig mer om.



Bild 2. Illustration: Hanna Mellin/VA



Bild 3. En mal som attraheras av utebelysning.
Foto: Fir0002 at the English language Wikipedia / CC BY-SA
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

Studier som forskare har gjort visar att både djur och växter påverkas negativt av för mycket ljus på natten³. Konstgjord belysning påverkar djurs biologiska klocka, dygnsrytm, orienteringsförmåga och beteende.

² Kyba et al. 2017

³ Longcore & Rich 2004; Chepesiuk 2009; Gaston et al. 2013

Ett exempel är hur nattaktiva insekter ofta dras till ljuskällor som lampor och gatlyktor. De flygande insekterna navigerar vanligtvis efter månen, stjärnorna och den ljusa horisonten. En gatlampan distraherar insekterna som börjar cirkulera runt lampan i stället för att söka efter mat eller en partner.

Fladdermöss är ett annat exempel. De är aktiva under dygnets mörka timmar och väljer sina boplatser med omsorg för att undvika ljus. Studier visar att byggnader med fasadbelysning kan ha förödande konsekvenser för fladdermöss⁴.



Bild 4. Illustration: Hanna Mellin/VA



Bild 5. Kyrka i Amsterdam med fasadbelysning.
Foto: <https://www.publicdomainpictures.net/>

De sitter under dagen gömda under fasader och tak och väntar på att det ska bli mörkt så att de kan ge sig ut och jaga. När människan lyser upp byggnader med fasadljus blir det aldrig mörkt och fladdermössen ger sig aldrig ut på jakt, vilket gör att de dör av svält. Känner man till problemet kan lösningen vara enkel, som att bara lysa upp en del av byggnaden och låta andra delar vara mörka.

På senare år har forskare börjat uppmärksamma att även människor påverkas negativt av ljusföroreningar. Om människor utsätts för mycket ljus under dygnets mörka timmar kan det sätta vår biologiska klocka ur spel och därmed påverka kroppens hormoner och viktiga funktioner, till exempel immunförsvaret⁵.

⁴ Eklöf & Rydell 2018

⁵ Chepesiuk 2009

SYFTE

Vi saknar idag ett enhetligt och bra sätt att mäta ljusföroreningar på. Det här är ett problem och forskare jobbar med att hitta en lösning. Ett tillförlitligt sätt att mäta ljusföroreningar är en förutsättning för att öka kunskapen om problemet. Först när vi förstår hur ljusföroreningar fungerar kan vi och politiker göra de rätta insatserna för att minska dem.

Det som är unikt med Stjärnförsökets metod är att den mäter ljusföroreningar på mycket lokalt (på din gata, skolgård eller trädgård) jämfört med andra, ofta satellit-baserade, metoder.

Syftet med Stjärnförsöket är att:

- Testa en ny, enkel metod för att mäta ljusföroreningar.
- Undersöka om den här metoden är lika bra som andra metoder eller kanske bättre.
- Kartlägga ljusföroreningar i Sverige.
- Uppmärksamma problemen med ljusföroreningar.
- Visa hur forskning går till och hur forskare arbetar.



Bild 6. Stjärnbilden Orion mot en mörk himmel respektive en stadshimmel i en tätort med 500 000 invånare. Foto: Jeremy Stanley [CC BY 2.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>)], Wikimedia Commons

HUR GICK DET TILL?

MEDBORGARFORSKNING

Stjärnförsöket är ett exempel på medborgarforskning (citizen science), ett sätt att forska där allmänheten hjälper forskare i en vetenskaplig studie. Tack vare hjälp från lärare, elever, scouter, amatörastronomer och andra intresserade kunde vi samla in data från hela Sverige och även i Spanien, Storbritannien och Irland.

METOD

Om himlen var kolsvart och vi befann oss i rymden skulle vi kunna se 9 096 stjärnor runt om oss i alla riktningar⁶. Dessa 9 096 stjärnor är då ljusare än magnitud⁷ 6,5 (se *faktaruta 1* om magnituder), som är gränsen för ögats förmåga att se ljussvaga stjärnor. Men i praktiken kan vi se betydligt mycket färre stjärnor än så när vi blickar upp mot natthimlen. Hälften av stjärnorna är ju under horisonten (det vill säga under marken vi står på), vilket minskar antalet stjärnor vi skulle kunna se till hälften: 4 548. Dessutom har jorden en atmosfär som både sprider och absorberar ljus. Det gör att det blir svårt att se mer än ca 4 000 stjärnor, även utan några ljusföroreningar alls. Stjärnförsöket bygger på den enkla principen att ju fler stjärnor du kan se på natthimlen, desto mindre ljusföroreningar.

Målet var att räkna ut hur många stjärnor som gick att se med blotta ögat på den plats där deltagaren befann sig när observationen gjordes. Deltagarna gjorde observationer av natthimlen enligt samma systematiska metod.

Ingen dyr utrustning och inga förkunskaper om astronomi eller ljusföroreningar krävdes. Det som behövdes var en kompass, appen Stjärnförsöket och ett mätinstrument bestående av ett papprör med en gradskiva på. Mätroret kunde man enkelt tillverka själv, se *bild 9*.

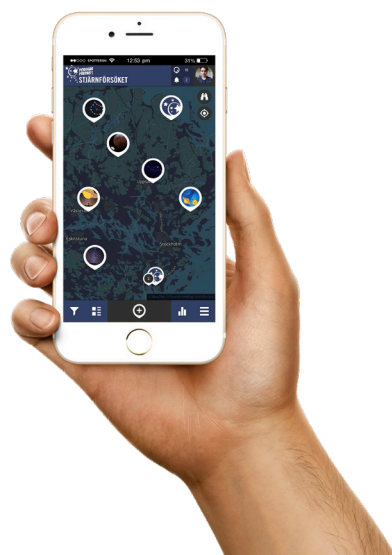


Bild 7. Stjärnförsöket hade en egen app som användes för att rapportera in observationer. Appen utvecklades med hjälp av SPOTTERON GmbH - Citizen Science Platform *Bild: www.spotteron.net*

⁶ Enligt Yale Bright Star Catalogue, en stjärnkatalog som presenterar en lista på alla stjärnor starkare än magnitud 6,5.
⁷ **Magnitud** är ett mått på ljusstyrkan av en stjärna eller annat astronomiskt objekt.

FAKTARUTA 1.

Magnitud – Vad är det?

När astronomer vill beskriva hur starkt en stjärna lyser använder de begreppet magnitud. Magnitudbegreppet introducerades redan under antiken, då man delade in de synliga stjärnorna i sex storleksklasser, *magnituder*. Man sa att de ljusstarkaste stjärnorna var ”Första klassens stjärnor”, eller magnitud 1, medan mer ljussvaga stjärnor hade högre magnitud och de svagaste hade magnitud 6.

Magnitudskalan gjordes om under 1800-talet, när man kunde göra mer noggranna mätningar av ljusstyrka. Numera är en stjärna med *magnitud 0* 100 gånger mer ljusstark än en stjärna med magnitud 5.

Gränsen för vad man under de bästa möjliga förhållanden kan se med blotta ögat (*gränsmagnituden*) är ungefär 6,5. Magnitudskalan är alltså bakvänd – en högre siffra betyder att stjärnan är mer ljussvag, medan de mest ljusstarka stjärnorna har en negativ magnitud (-).

Stjärnan Sirius har magnituden -1,5. Polstjärnan varierar mellan magnitud 1,86 och upp till 2,13.

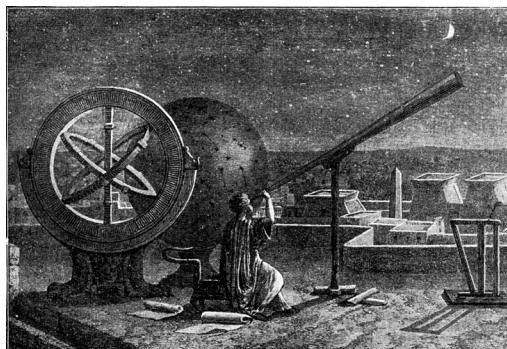


Bild 8: Illustration av den grekiska astronomen Hipparchus som observerar himlen från Alexandria. Han myntade måttet magnituder (*Träsnitt från 1876*).

GENOMFÖRANDET

Efter att ha testat metoden i några skolklasser under hösten 2018 och fått viktiga synpunkter och förslag från lärare och elever, startade stjärnförsöket i februari 2019.

För att kunna jämföra de observationer som gjordes runt om i landet, var det viktigt att alla gjorde på samma sätt. Att noga planera hur data ska samlas in är viktigt i all forskning. Utmaningen i Stjärnförsöket var att göra observationen så enkel som möjligt att genomföra (för att så många som möjligt skulle kunna vara med), samtidigt som den måste göras mycket noggrant. Det säkerställdes genom detaljerade instruktioner.

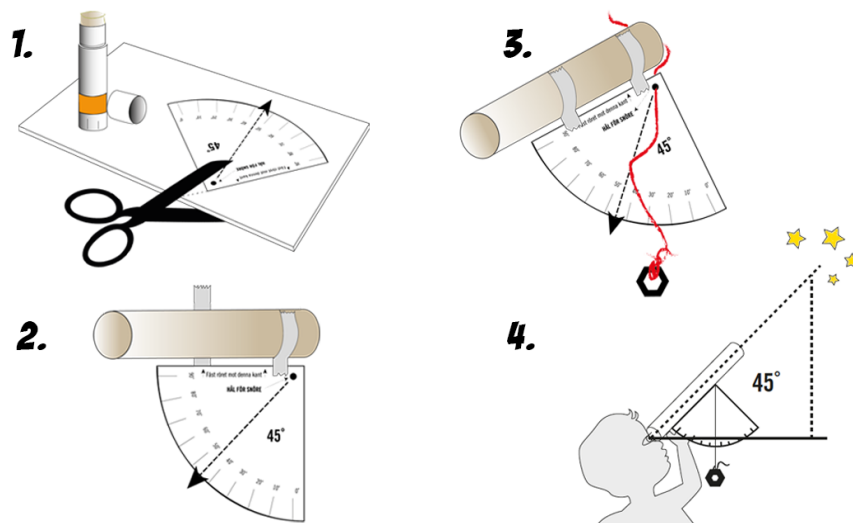


Bild 9. Stegen för att tillverka ett mätrör för Stjärnförsöket. (1) Klipp ut en gradskiva, (2) fäst gradskivan på röret, (3) fäst ett snöre med en tyngd i gradskivan. (4) Den som används för att veta när röret är i 45 graders lutning. *Illustration: Lotta W Tomasson/VA.*

Instruktioner:

1. Gå ut minst en timme efter att solen gått ner, alternativt en timme innan solen går upp på morgonen. Då är det tillräckligt mörkt. Vänta i tio minuter utan att titta mot någon ljuskälla. Titta i stället på himlen och låt ögonen vänja sig vid mörkret.
2. Rikta röret mot himlen i 45° lutning rakt mot norr (N). Använd en kompass för att hitta rätt väderstreck. Använd gradskivan på mätröret för att hitta rätt vinkel. Det är enklast att vara två som hjälps åt.
3. Håll röret stilla mot ögat och räkna antalet stjärnor du ser genom röret. Skriv in antalet stjärnor i appen, eller i pappersformuläret för att fylla i datan i appen senare.
4. Vänd dig mot nordost (NO) och upprepa.
5. Fortsätt med observationer mot öst (Ö), sydost (SO), söder (S), sydväst (SV), väst (V) och nordväst (NV).

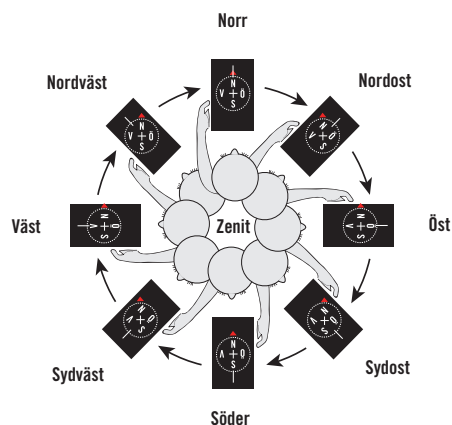
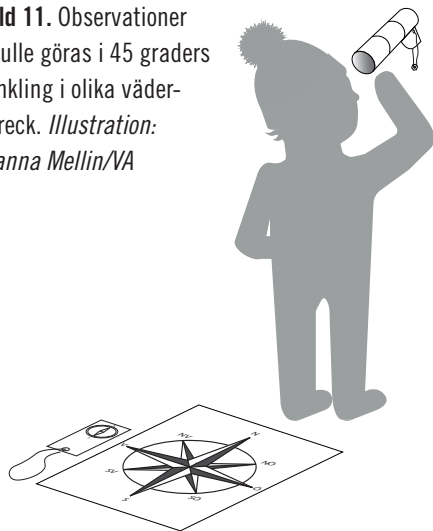


Bild 10. Observationer skulle göras i i olika väderstreck. *Illustration: Lotta W Tomasson/VA.*

6. Avsluta med att rikta röret rakt upp (i zenit) och observera antalet stjärnor där också. (Då ska tråden med tyngden hänga rakt ner mot röret.)
7. Om du inte kan se himlen åt något håll (på grund av att ett hus, en vägg eller att ett träd är i vägen), lämna helt enkelt rutan tom. Gör en anteckning om varför vissa väderstreck i din observation är tomma.
8. Skriv noll (0), om du kan se himlen men inga stjärnor på den.
9. Fyll i vädret, månens fas och rörets diameter och längd i millimeter, samt datum och tid för observationen i appen.
10. Din telefon läser av din plats automatiskt: Kontrollera att observationen hamnat på rätt plats på kartan.

Bild 11. Observationer skulle göras i 45 graders vinkling i olika väderstreck. *Illustration: Hanna Mellin/VA*



Observatören kunde rapportera in sina observationer direkt i appen ute under stjärnhimlen, men kunde också välja att notera sina mätvärden och senare rapportera in sina observationer i ett webbgränssnitt på en dator.

På Stjärnforsökets webbsida finns instruktioner, filmer, bakgrundsmaterial, en kompassros och protokoll att skriva ut på papper: forskarfredag.se/stjarnforsoket/instruktioner

Utifrån antalet stjärnor observatören såg gjordes sedan en beräkning av hur många synliga stjärnor det fanns på hela natt-

himlen vid just det tillfället på just den platsen. Ju fler stjärnor man kunde räkna i röret, desto fler synliga stjärnor totalt på himlen. Appen gjorde beräkningen automatiskt och observatören fick direkt veta hur ljusförorenat det var på platsen. En detaljerad förklaring till hur beräkningarna görs följer nedan.

BERÄKNING

Så här räknar appen i Stjärnforsöket ut hur många synliga stjärnor det finns på hela himlen vid mättillfället:

När vi räknat antal stjärnor i (maximalt) nio olika riktningar kan man kalla antalet stjärnor vi sett i varje riktning för **N1**, **N2** ... till **N9**. Det genomsnittliga antalet stjärnor (N_{med}) räknas ut genom formeln:

$$N_{med} = (N1 + N2 + \dots + N9) / 9.$$

Beräkningen av antalet synliga stjärnor på hela himlen bygger på antagandet att stjärnorna är jämnt fördelade över himlen. Ju större yta av himlen vi observerar, desto fler stjärnor ser vi. Antagandet kan vi använda för att räkna ut hur många stjärnor vi ser. Låt oss börja från början:

Rörets längd är L och dess diameter är D .
 Arealen på den öppna änden (A) är då:

$$A = \pi (D/2)^2 = \pi D^2/4$$

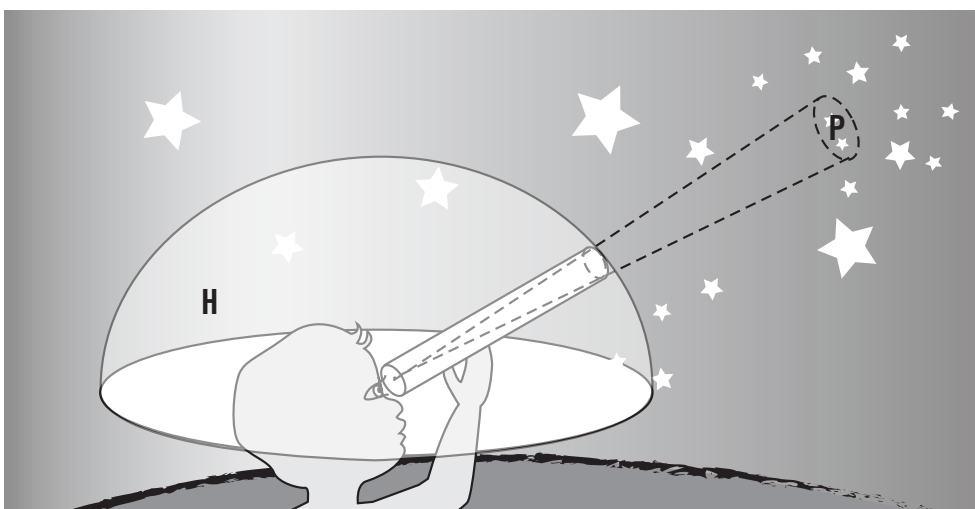


Bild 12. Om du tittar på himlen genom ett rör kommer strålarna av ljus in i röret från en mycket större cirkulär plats på himlen. Om röret flyttas i alla riktningar skulle det så småningom täcka ytan av ett "tänkt" halvklot över ditt huvud (H). *Illustration: Lotta W Tomasson/VA*

Om du riktar röret i massa olika riktningar upp mot himlen skulle det skapa en "påhittad" hemisfär, ett halvklot (H) runt dig där du står, se *bild 12*. Radien för halvklotet skulle då vara längden på ditt rör, L . Arealen av det påhittade halvklotet H med radien L är då:

$$H = 2 \pi L^2$$

Arealen på änden av röret, kan projiceras och förlängas upp på natthimlen, låt oss kalla det den projicerade bilden P , se *bild 12*. Det tänkta halvklotet kan också projiceras upp på himlen till en jordens hemisfär. Det här ger oss förhållandet:

$$\frac{\text{Arealen av hemisfären på natthimlen}}{P} = \frac{\text{Arealen av H}}{A}$$

eller

$$\frac{\text{Arealen av hemisfären på natthimlen}}{\text{Antal stjärnor i H}} = \frac{(2 \pi L^2)}{(\frac{\pi D^2}{4})} = \frac{8L^2}{D^2}$$

Slutligen går vi tillbaka till antagandet vi gjorde i början, att antalet stjärnor är jämnt fördelade på natthimlen. Om det stämmer ger det oss formeln:

$$\frac{\text{Det totala antalet stjärnor på himlen (N}_{\text{tot}})}{\text{Antalet stjärnor i P}} = \frac{\text{Arean av hemisfären på himlen}}{\text{Arean av P}} = \frac{8L^2}{D^2}$$

Vilket ger:

$$N_{\text{tot}} = \frac{8L^2}{D^2} * \text{antalet stjärnor du ser i röret}$$

Hur många stjärnor är det ens möjligt att se på himlen? Enligt Yale Bright Star Catalogue⁸ finns det 9 096 stjärnor som är starkare än 6,5 magnituder, vilket anses vara gränsen för vad ett människoöga kan uppfatta. Men vi kan ju bara se halva rymden, eftersom vi inte kan se vad som är på andra sidan jorden. Det reducerar antalet stjärnor vi kan se till 4 548. Så om det i uträkning blir ett tal större än 4 548 har det räknats fel på något sätt, eller så har det skett ett misstag vid observationerna.

Från beräkningen, och med informationen om hur många stjärnor det teoretiskt är möjligt att se, kan man räkna ut graden av ljusföroreningar. Det görs genom att ta 1 minus det observerade antalet stjärnor (N_{tot}) och dela med 4 548:

$$\text{Ljusföroreningsgrad} = 1 - N_{\text{tot}} / 4\,548$$

där ljusföroreningsgraden sträcker sig från 1 (maximum) till 0 (minimum).

Eller i procent:

$$\text{Ljusföroreningsgrad} = (1 - N_{\text{tot}} / 4\,548) * 100 \%$$

där ljusföroreningsgraden sträcker sig från 100% (maximalt ljusförorenat) till 0% (ingen ljusförorening).



Bild 13. Ljusföroreningsgraden från 0 % (ingen ljusförorening) till 100 % (maximalt ljusförorenat).

Illustration: Hanna Mellin/VA

⁸ En **stjärnkatalog** publicerad av Yale University Observatory som listar och presenterar data för stjärnor med ljusstyrka starkare än 6,5 magnituder.

RESULTAT

Via *forskarfredag.se* kunde alla som ville anmäla sig att delta i Stjärnföröket. 252 skolor från hela Sverige anmälde sig, från förskola upp till gymnasium och vuxenutbildning. Dessutom anmälde sig åtta astronomiföreningar, 29 scoutgrupper och 176 privatpersoner.

Stjärnföröket uppmärksammades under vetenskapsfestivalen ForskarFredag den 27 – 28 september 2019, som detta år hade tema “Rymden & jag”. Samma datum arrangerades även Astronomins Dag och Natt, som ForskarFredag samarbetade med. Vid lokala evenemang runt om i Sverige anordnades olika event där barnfamiljer och andra intresserade kunde bygga sitt eget stjärnkikarrör och lära sig mer om ljusföreningar.

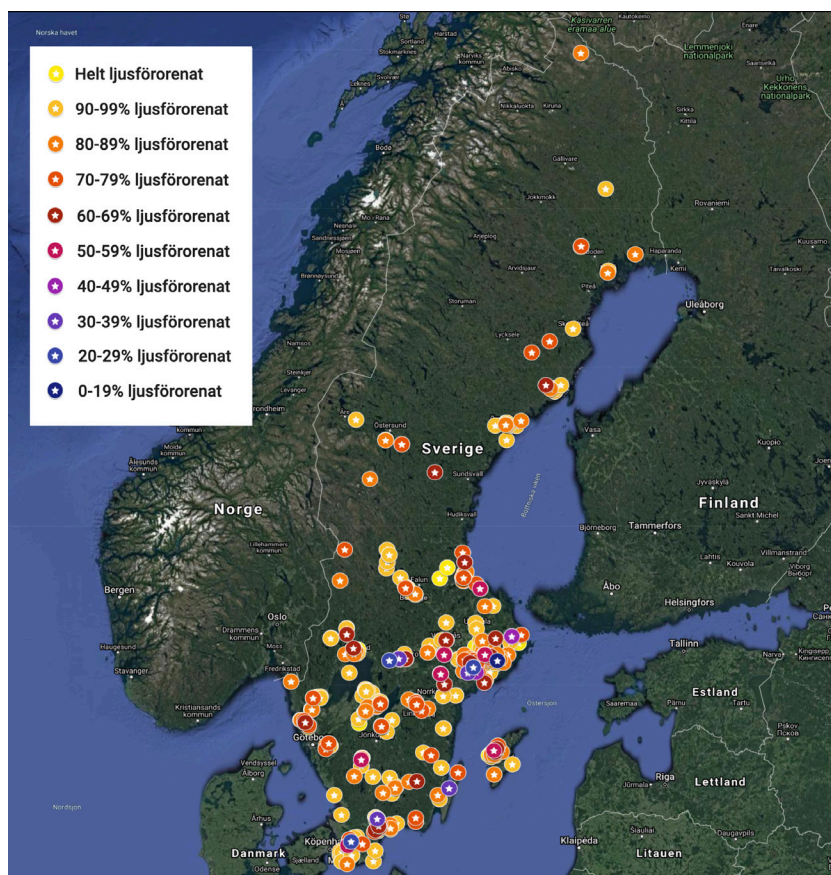


Bild 14. Resultatet av de svenska observationerna. En interaktiv karta finns på www.forskarfredag.se/stjarnforsoket/karta. Illustration: Hanna Mellin/VA och GoogleMyMaps

Totalt registrerades **1 921 observationer** i Spanien, Storbritannien, Irland och Sverige. Den här rapporten baseras på de nära **900 observationer** som gjordes i Sverige.

VAD FANN VI?

Från de 900 observationer som rapporterades in i Sverige var vi tvungna att sortera bort observationer som antingen var felaktiga, till exempel där fler stjärnor rapporterades in än det finns på stjärnhimlen (*se sid 9* under metod), eller som gjorts vid fel tidpunkt (till exempel innan det var helt mörkt).

Att sortera bort vissa datapunkter är inget konstigt. I forskning finns alltid risken att viss data blir felaktig. Misstag kan ske i alla steg i processen när man gör experiment och studier. Det kan till exempel vara fel på ett mätinstrument eller så råkar man skriva fel i sitt protokoll. Det är viktigt att forskare är mycket noggranna, de data som samlas in ska ju ligga till grund för deras slutsatser. Om det är felaktigheter i data riskerar forskarna att dra felaktiga slutsatser. Även när det gäller datainsamling genom medborgarforskning, som i Stjärnförsöket, där många personer gör observationer och rapporterar in via en app, händer det att felaktiga värden rapporteras in.

Observationerna skulle ske minst en timme efter solens nedgång eller minst en timme innan solen gick upp. Några observationer hade genomförts för nära soluppgång eller solnedgång, när himlen är för ljus för att kunna dra slutsatser om antal observerbara stjärnor. När alla felaktiga datapunkter plockats bort återstod 874 användbara observationer från hela landet.

De flesta observationerna gjordes i södra Sverige och i områden där det bor mycket folk.

OBS: När vi i resultaten talar om **antal** synliga stjärnor som rapporterats in i appen menar vi inte det antal som du såg genom ditt rör utan det antal som appen räknade ut att man kan se på **hela stjärnhimlen**, baserat på de observationer du gjorde genom röret.

SVERIGE I STORT

Den mest stjärnrika himlen en deltagare i Stjärnförsöket har stått under var en molnfri och månfri kväll i Västerhejde på Gotland den 4 oktober 2019 kl 18.33. Stjärnförsökets app räknade ut att det fanns 3 872 synliga stjärnor över hela himlen vid detta tillfälle.

Vid 146 mätningar gick det inte att se några stjärnor alls, vilket utgör 17 % av alla observationer i landet. Vid 25 andra mätningar räknade appen ut att den som var ute kunde se färre än 10 stjärnor på hela stjärnhimlen. Det betyder att vid ca 20 % av alla observationer kunde man se högst 10 stjärnor.

Vid de mätningar där man kunde se stjärnor på himlen kunde appen räkna ut att det i **genomsnitt** var **454 stjärnor** synliga över hela himlen. Medelvärdet⁹ över Sverige motsvarar en **gränsmagnitud på 4,5**. **Medianvärdet**¹⁰ för dessa observationer är **300 stjärnor**, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,1** (se tabell 1).

Medianen kan vara ett bättre mått än medelvärdet i detta fall då variationen i hur många stjärnor som var synliga över hela himlen enligt appens uträkningar är stor, från 0 till nästan 4 000 stjärnor.

TABELL 1.

Resultat i Sverige

Område	Antal observationer	Antal observationer där man såg stjärnor	Antal observationer där man <i>inte</i> såg några stjärnor	Antal stjärnor (medelvärde)	Antal stjärnor (median)	Gränsmagnitud
Hela landet	874	728	146	454	300	4,51
Gotland	68	40	28	464	337	4,52
Gävle	36	34	2	486	446	4,57
Karlstad	10	7	3	534	441	4,65
Skåne + Blekinge	83	74	9	601	319	4,76
Skövde + Mariestad	50	42	8	268	266	4,09
Centrala Stockholm	53	39	14	268	196	4,03
Storstockholm utanför tullarna	147	106	41	316	218	4,18
Uddevalla	19	14	5	215	142	3,84
Umeå	15	15	0	325	156	4,21
Visingsö	7	7	0	783	780	4,99
Örnsköldsvik	10	8	2	389	441	4,37
Östergötland	19	19	0	439	346	4,48
Övriga delar av landet	357	323	34	516	346	4,62

⁹ **Medelvärde** och **genomsnitt** är samma sak. Summan av alla observationer delas med antalet observationer.

¹⁰ **Medianvärdet** är det mittersta värdet efter att du sorterat värdena i storleksordning. Medianen kan vara ett bättre mått om observationerna har en sned fördelning med många höga eller låga värden. I motsats till medelvärdet påverkas inte medianen av extrema värden.

En av de centrala forskningsfrågorna i projektet var hur väl mätningarna av ljusföroreningar i Sjärför-söket är jämförbara med mätningar som gjorts med andra metoder. Resultaten har därför också jämförts med resultat från andra databaser. Vi kan i den jämförelsen se att ljusföroreningsgraden stämmer väl överens med ljusföroreningsgraden mätt med andra metoder för att mäta ljusföroreningar, både från marken och från rymden med satelliter (se bild 16).



Bild 15. Sky quality meter (SQM) är ett instrument som används för att mäta ljusföroreningar från marken. Bild: Lamiot / CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>)

Andra metoder att mäta ljusföroreningar från marken kan vara av två slag; antingen med hjälp av att personer till exempel räknar hur många stjärnor de kan se i en viss stjärnbild (se ett annat internationellt medborgarforskningsprojekt som heter Globe at Night, globeatnight.org) eller med en speciell kamera som riktar mot himlen och mäter hur ljus den är, se bild 15.

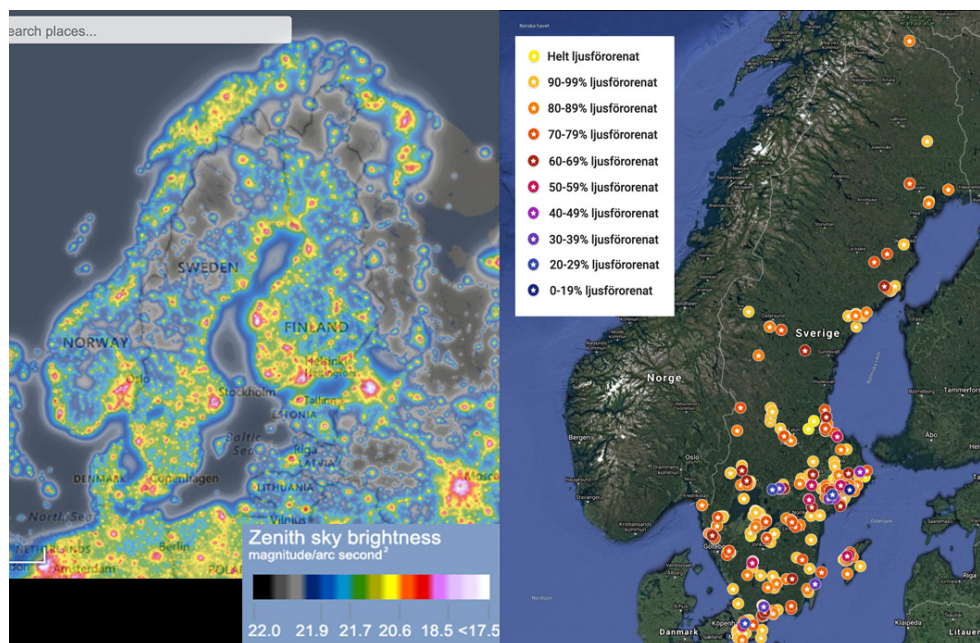


Bild 16. Kartan visar hur ljusföroreningar ser ut mätta med satellit (till vänster) och med vår metod (till höger). Överensstämmelsen är god, samtidigt som vår metod kan ge mer detaljer än den satellitbaserade metoden. Illustration: Till vänster; lightpollutionmap.info, till höger; Illustration: Hanna Mellin/VA med GoogleMyMaps.

REGIONALT I SVERIGE

Vi har också analyserat resultatet regionvis, för att kunna se skillnader i ljusföroreningsgrad mellan olika områden i Sverige. Indelningen är gjord både efter regioner och landskap, men också efter hur många observationer det gjorts i olika delar av landet, vilket gör att vi kan jämföra olika områden med varandra. I *tabell 1* kan du se mätvärdena för varje region samlade.

Gotland

På Gotland, har de flesta observationerna gjorts i eller nära staden Visby. Vid 28 observationer kunde man inte se några stjärnor alls. För de som kunde se stjärnor (40 observationer) var **gränsmagnituden 4,52**. Det är dock på Gotland som flest stjärnor observerades vid en enskild observation, i Västerhejde några kilometer sydväst om Visby.

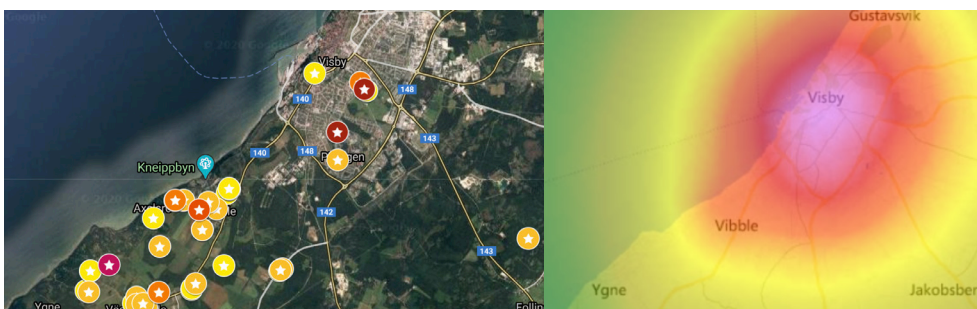


Bild 17. En jämförelsebild över Visby där man tydligt ser att Stjärnforsökets mätningar ger mer detaljerad info om ljusföroreningsgrader på en mycket lokal nivå. *Illustration: Hanna Mellin/VA med GoogleMyMaps samt lightpollutionmap.info.*

Gävle

Här gjordes det 36 observationer, varav man kunde se stjärnor vid 34. Här syntes i medeltal 486 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,5**.

Karlstad

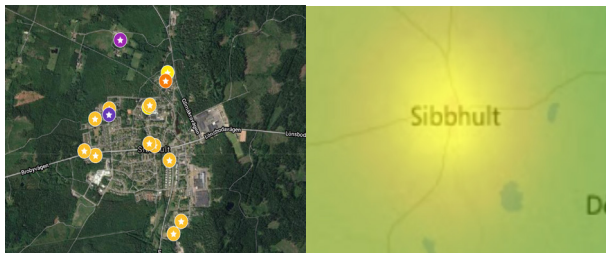
Här gjordes tio observationer och av dessa kunde tre inte se några stjärnor alls. För de övriga var medeltalet 534 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,7**.

Skåne och Blekinge:

Observationer genomfördes på många olika platser och vi fick totalt in 83 observationer. Vid 74 observationer kunde man se stjärnor. Vid nio mätningar gick alltså inga stjärnor alls att se, bland annat i Kristianstad och Sölvesborg.

I tätorten Sibbhult i Skåne rapporterades både observationer där man kunde se över 2 000 stjärnor och 40 stjärnor – eller inga alls! (Se *bild 18*.) I genomsnitt var **gränsmagnituden 4,8**.

Resultaten visar att man kan se många stjärnor i denna region, även i städer och tätbebyggda områden.



Mellan Vänern och Vättern

Från området kring Skövde och Mariestad kom det in 50 observationer. Av dessa kunde 8 observatörer inte se några stjärnor alls, medan övriga i genomsnitt kunde se 268 stjärnor, motsvarande en **gränsmagnitud på 4**.

Bild 18. Ljusföroreningar i Sibbhult. Här syns överensstämmelsen mellan Stjärnforsökets observationer och en satellitbaserad metod, liksom skillnaden i upplösning. Satellitens observationer används för att skapa ett medelvärde för en region medan Stjärnforsökets observationer visar på ljusföroreningsnivån på väldigt lokal nivå. *Illustration: Hanna Mellin/VA med GoogleMyMaps och lightpollutionmap.info.*

Stockholmsområdet

53 observationer rapporterades in från centrala Stockholm. Av dessa kunde man i 14 fall inte se några stjärnor alls, medan man i övriga såg i genomsnitt 268 stjärnor motsvarande en **gränsmagnitud på 4,0**. I Storstockholm utanför de centrala delarna av staden syntes något fler stjärnor, med ett genomsnitt på 316, motsvarande en **gränsmagnitud på 4,2**. Även här var det många (41 av 147 observationer) som inte såg en enda stjärna. På några ställen kunde över 1 000 stjärnor ses, till exempel i Spånga i västra Stockholm och i Saltjöbaden i Nacka kommun utanför Stockholm.

Uddevalla

I detta område rapporterades 19 observationer, varav 14 kunde se stjärnor och 5 inte såg några stjärnor alls. Här syntes i medeltal bara 215 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på ca 3,8**. Detta visar på att observationerna kommer från platser med relativt hög ljusföroreningsgrad.

Umeå

I Umeå-trakten genomfördes 15 observationer och här såg alla stjärnor. I medeltal syntes 325 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,2**.

Visingsö

Visingsö, en ö mitt ute i Sveriges näst största sjö Vättern, har goda förutsättningar för att man ska kunna se många stjärnor på stjärnhimlen. Öns läge, och att det är väldigt få som bor där, borde resultera i ganska lite ljusföroreningar. Tyvärr gjordes bara sju observationer på ön, men här såg man i medeltal 783 stjärnor, motsvarande en **gränsmagnitud på hela 5,0** (se tabell 1).

Örnsköldsvik

Längre norrut i Sverige, i Örnsköldsvik-trakten, gjordes 10 observationer. Här kunde man se stjärnor vid 8 observationer, medan man inte kunde se en enda stjärna vid två observationer. I medeltal syntes 389 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,4**.

Östergötland

Här rapporterades 19 observationer in, varav alla kunde se stjärnor. Här var förutsättningarna för att kunna se stjärnor aningen bättre och man kunde i genomsnitt se 439 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,5**.

Övriga landet

Utanför de regioner som nämnts, gjordes 357 observationer, varav 323 såg stjärnor och 34 inte såg några stjärnor. I medeltal syntes 516 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,6**.

Baserat på resultaten i de olika regionerna (som är valda helt utifrån att det var tätt med observationer i dessa) kan vi konstatera att det skiljer en hel del mellan medeltal och median¹¹ (se tabell 1). Detta betyder att spridningen är stor och med förskjutning mot färre observerade stjärnor.

Variationen är inte så stor över landet som helhet. I medeltal kan man se 454 stjärnor, vilket motsvarar en **gränsmagnitud på 4,5**. Av detta drar vi slutsatsen att landet är ganska jämnt ljusförorenat i de områden där personer har rapporterat observationer till Stjärnförsöket. De observationer som är gjorda utanför tätorter har visat på lägre grad av ljusförorening. Där kan man alltså se betydligt fler stjärnor.

SUMMERING AV RESULTATEN

De samlade resultaten visar, i enlighet med vad vi kunde förvänta oss, att ljusföroreningsgraden är stor i och runt de största städerna. Men effekterna av ljusföroreningarna märks även i mer glesbefolkade delar av landet. I till exempel Karesuando, längst i norr och långt från stora städer, har det rapporterats en ljusföroreningsgrad på 89 %, vilket motsvarar 471 synliga stjärnor. Detta bygger dock på en enda observation, vilket inte är tillräckligt för att dra några slutsatser. Observationen kan till exempel ha gjorts i närheten av en gatlykta. Detta är också ett bra exempel på varför forskare ofta gör många mätningar på samma plats. Ju fler mätningar som visar samma sak, desto säkrare kan man vara på att mätningarna faktiskt visar verkligheten, och desto säkrare kan man vara i sina slutsatser.

Något bättre ser det ut på Visingsö, mitt i Vättern, där observationerna visar att man ser i genomsnitt 782 stjärnor, motsvarande en gränsmagnitud på 5. Även om detta är betydligt fler stjärnor än genomsnittet över landet är det fortfarande ganska lågt, vilket tyder på att ljusföroreningsgraden är relativt hög även här.

¹¹ Se fotnot 9

KUL MEN KNEPIGT – ÅTERKOPPLING FRÅN DELTAGARNA

Deltagarna blev mer medvetna om ljusföroreningars konsekvenser för samhälle och miljö, det ser vi i kommentarer kring observationerna som har lämnats i appen. Några exempel:

- ” GRANNENS UTEBELYSNING, GATLAMPOR OCH VÅRT KÖKSFÖNSTER STÖRDE.
- ” MÖRKRET BRYTS AV EN YTTERRAMP OCH BELYSNINGEN INNE FRÅN Huset.

Deltagarna verkar också ha uppskattat uppgiften, även om den har varit lite svårt att genomföra:

- ” DETTA VAR KUL.
- ” FANTASTISK STJÄRNHIMMEL.
- ” ... DET VAR LITE BESVÄRLIGT ATT BESTÄMMA VINKELN
- ” SVÅRT ATT SE DE SMÅ STJÄRNORNA GENOM LILLA RÖRET.

Kommentarerna visar att deltagarna har fått upp ögonen för fenomenet ljusförorening och samtidigt fått en insyn i hur vetenskapliga undersökningar bedrivs.

INTERNATIONELLT

Hösten och vintern 2019/2020 genomfördes Stjärnförsöket inte bara i Sverige utan även i **Storbritannien, Spanien** och på **Irland**.



Bild 19. En tweet under European Researchers' Night om #starspottingexperiment. Foto: Natural History Museum i London

I Storbritannien uppmärksammades **the Star-Spotting Experiment** under European Researchers' Night den 27 september 2019 med 200 besökare. **Natural History Museum** i London uppmärksammade bland annat evenemanget på sin webb och mot sina 2,3 miljoner följare på Twitter.

I Irland gjordes skolbesök där doktorander byggde mätverktyg tillsammans med elever och berättade om projektet. Över 400 skolor deltog.

Under vetenskapsfestivalen **Cork Discovers**, som även den är en del av European Researchers' Night, kunde familjer lära sig mer om **the Star-Spotting Experiment** och bygga sina egna rör.



Bild 20. En tweet från Cork Discovers på Irland om #starspotting-experiment. Foto: St. Multose National School i Cork.



Bild 21. Elever ute efter skoltid för att göra observationer i Algeciras, Spanien. Foto: Cuenta Estrellas - The Star-spotting experiment.

Cuenta Estrellas uppmärksammades i hela Spanien, där ljusföroreningar är ett uppmärksammat problem. Ljuset från de största städerna är synligt på hundratals kilometers avstånd.¹²



Aktiviteter arrangerades i ett tiotal städer för barnfamiljer, skolor och amatörastronomer med sammanlagt över 1 700 deltagare. 433 spanska observationer rapporterades in i Stjärnförsökets app.

Visste du att...

Kanarieöarna har skyddad natthimmel enligt lag. Här finns några av de största och viktigaste observatorierna i världen och både forskare och amatörastronomer reser hit för att studera stjärnhimlen.



Bild 22. Observationer på Kanarieöarna i Stjärnförsökets app. Bild: www.spotteron.net

Under European Researchers' Night den 27 september 2019 arrangerades aktiviteter av **La Palma Research Centre** där besökarna kunde delta i en observation av stjärnhimlen och delta i Stjärnförsöket. Närmare 100 observationer rapporterades in, *se bild 20*.

Stjärnförsöket uppmärksammades med aktiviteter i centrala Madrid samma datum. Omkring 70 personer deltog, men bara 27 observationer rapporterades in i appen. Orsaken? Mycket få stjärnor syntes eftersom staden är så ljusförorenad! Aktiviteterna arrangerades av organisationen **Fundación para el Conocimiento madri+d** och **National Institute of Aerospace Technology**.

Projektet uppmärksammades av tidningar, radio och tv, inklusive en artikel i *El País*, Spaniens största dagstidning, *se bild 23*.



Bild 23. Artikel i *El País* om Cuenta Estrellas den 17 september 2019.

¹² seatitan.eu/light-pollution-in-spanish-cities (10/04/2019)

DISKUSSION OCH SLUTSATS

HUR BRA ÄR METODEN?

Resultaten från Stjärnförsoeket visar att metoden, där man använder ett papprör för att räkna stjärnor man kan se med blotta ögat, fungerar väldigt bra. När vi jämför våra data på ljusföroreningar med data baserat på bilder tagna från satelliter ser vi att de stämmer ganska väl överens. I Stjärnförsoekets resultat har vi en gränsmagnitud på 4,5. Detta är i stort sett vad andra undersökningar har kommit fram till också. En skillnad mot andra metoder är att Stjärnförsoekets data är mer lokala. Medan man med till exempel satellitbilder kan få en bra uppskattning av ljusföroreningarna över ett storstadsområde¹³ kan vi med Stjärnförsoekets metod se skillnader inom storstadsområden och få en mer detaljerad bild av hur ljusföroreningarna varierar inom ett specifikt område (se bild 17 och 18).

Vi har jämfört resultatet med data från andra projekt, där man mäter ljusföroreningar från marken, till exempel *Globe at Night*¹⁴ och *International Dark Sky Association*¹⁵. Stjärnförsoekets resultat är jämförbara med resultat från dessa initiativ, även om antalet observationer inom dessa projekt är förhållandevis lågt i Sverige.

En förklaring till att Stjärnförsoekets metod fungerar bra, är att det inte behövs någon speciell utrustning för att delta – allt du behöver finns hemma eller i skolan. På så sätt kan många människor vara med. Ju fler observationer man har som underlag för sina analyser och slutsatser, desto större precision och desto säkrare kan man vara på att de data man samlat in visar verkligheten.

Att få in många observationer visade sig vara svårt. Att gå ut på kvällen när det är mörkt (och kanske kallt) är inte alltid så roligt. Elever som fick uppgiften i läxa att göra hemma var kanske inte så motiverade. På vissa håll, särskilt långt norrut där det blir mörkt tidigt på vintern, kunde observationerna dock göras med klassen på skoltid. I scoutgrupper var projektet mycket uppskattat, då gruppen normalt träffas efter skolan och uteaktiviteter och pyssel är något man är van vid. Dessutom passade det bra att prata om väderstreck och hur man läser av en kompass.

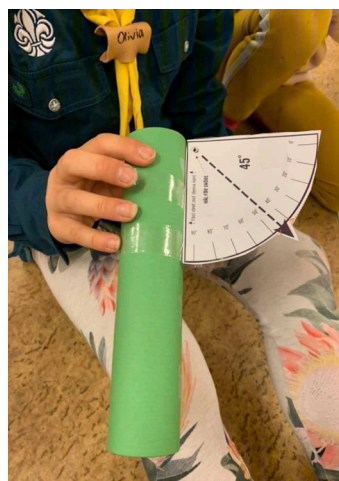


Bild 24. Scout med egentillverkat stjärnrör. Foto: Sollentuna Norra Scoutkårs Facebook.

¹³ www.lightpollutionmap.info

¹⁴ www.globeatnight.org

¹⁵ www.darksky.org

Om metoden varit enklare, med färre steg att hålla reda på, hade förmodligen fler personer varit med. Vi hade fått in fler observationer och haft mer data att utgå från i analysen. Men genom att alla gick igenom flera moment och gjorde likadant blev datan tillräckligt säker för att kunna jämföras och dra slutsatser av. Det behöver helt enkelt vara lite krångligt när man forskar, för att få säkra resultat.

ENKELHETEN – EN VIKTIG DEL AV FRAMTIDEN

Metoden för att mäta ljusföroreningar i Stjärnförsöket var medvetet framtagen för att *alla* skulle kunna vara med att mäta ljusföroreningar. Enkelheten i sig var ett huvudfokus för forskningsprojektet. Genom att använda vetenskapliga metoder kunde vi testa om en så pass enkel metod, där man använder ett papprör för att räkna de stjärnor man kan se med blotta ögat på stjärnhimlen, kan vara tillförlitlig för att mäta ljusföroreningar. Resultaten visar att det fungerar.



Bild 25. Bild från ForskarFredag 2019 i Borlänge där besökarna fick tillverka sin egen stjärnkikare.
Foto: Henrik Hansson

En av svårigheterna med att minska ljusföroreningarna, och därmed även de skadliga effekterna av ljusföroreningar, är att det inte funnits någon enhetlig och gemensam mätmetod. Stjärnförsöket har visat att man med enkla medel kan mäta ljusföroreningar på ett bra sätt. Om vi alla tillsammans kan hjälpa till att mäta ljusföroreningar genom att kika genom ett papprör och räkna hur många stjärnor vi ser, är detta ett enkelt och billigt komplement till andra metoder för att mäta ljusföroreningar, som att skicka upp satelliter i rymden.

OSÄKERHETER

För att det ska bli rätt är det viktigt att instruktionerna för att genomföra observationerna är tydliga och att man följer dem noga. Förutom informationen i appen kunde deltagarna i Stjärnförsöket läsa information på webben, ladda ner skriftlig information och se filmer där tillvägagångssättet beskrivs.

Vi har analyserat datan mycket noga och kontrollerat observationer som verkar underliga eller sticker ut på olika sätt från övriga observationer.

Vi kan se två huvudsakliga fel i den data som rapporterats in i:



Bild 26. Deltagare som gör observationer i Umeå.
Foto: Mattias Pettersson, Umeå Universitet

1. Det vanligaste misstaget är att man skrivit in rörets dimensioner i **centimeter (cm)** **i stället för millimeter (mm)**. För att kunna jämföra alla observationer med varandra är det viktigt att alla observatörer rapporterar in dimensionerna på sina rör i samma enhet. I vissa fall är det uppenbart att rörtillverkaren har skrivit mm istället för cm, men i vissa fall vet vi inte, vilket resulterat i att dessa observationer tagits bort. Det är givetvis tråkigt, men det är viktigt att felaktiga siffror inte påverkar slutresultatet.
2. I instruktionerna bad vi observatören att rapportera in en **nolla (0) om man såg himlen genom röret, men inga stjärnor**. Om man däremot **inte såg himlen för att någonting var i vägen (en husvägg, ett träd eller annat), skulle man lämna fältet helt blankt**. Det är en stor skillnad på dessa två alternativ. Om man rapporterar in en nolla betyder det att man kunde se stjärnhimlen klart och tydligt men att det var så pass ljusförorenat att man inte såg en enda stjärna i den riktningen. Om man däremot lämnar fältet tomt betyder det att man hade ett hinder i vägen, till exempel ett stort träd eller en husvägg, och därmed inte kunde se stjärnhimlen.

Båda dessa fel påverkar beräkningen av totala antal stjärnor och ljusföroreningsgraden.

VAD KAN VI GÖRA?

Sverige är som helhet ganska ljusförorenat. Enligt de data som samlades in kunde observatörerna i genomsnitt se ungefär en tiondel av de stjärnor som hade kunnat ses om det inte hade funnits några ljusföroreningar. Det råder alltså ingen tvekan om att ljusföroreningar är vanligt.

Det finns vissa generella rekommendationer för att minska ljusföroreningar när till exempel ett nytt bostadsområde ska byggas, eller när en stad skapar ett nytt friluftsområde. Då rekommenderas att undvika att lysa upp nya områden, begränsa tiden då man lyser upp, begränsa ljusstyrkan och anpassa ljusets färg för att minska skadliga effekter på växter och djur.

Men vad kan vi själva göra för att minska ljusföroreningarna? Vad ska man som privatperson tänka på? Det vi kan göra är egentligen samma saker som en stadsplanerare gör när man bygger en ny stadsdel. Det kan sammanfattas som **“Rätt ljus på rätt plats vid rätt tidpunkt!”**.

Tänk på att:

- **Undvika att lysa upp omgivningen.** Måste du sätta upp den där lampan på baksidan av huset? Eller behövs fasadbelysningen, verkligen?
- **Minska tiden som du lyser upp omgivningen.** Sätt upp en rörelsedetektor så att lampan på baksidan av huset bara tänds när du är där. Eller sätt en komihåglapp på lysknappen så att du kommer ihåg att slå av den när du gått in.
- **Använda lampor som riktar ljuset där du vill ha det.** Om du vill ha en lampa på baksidan av huset för att du ska se var du går när det är mörkt, tänk på att lampan bara lyser upp marken och inte lyser upp i himlen (se bild 24).

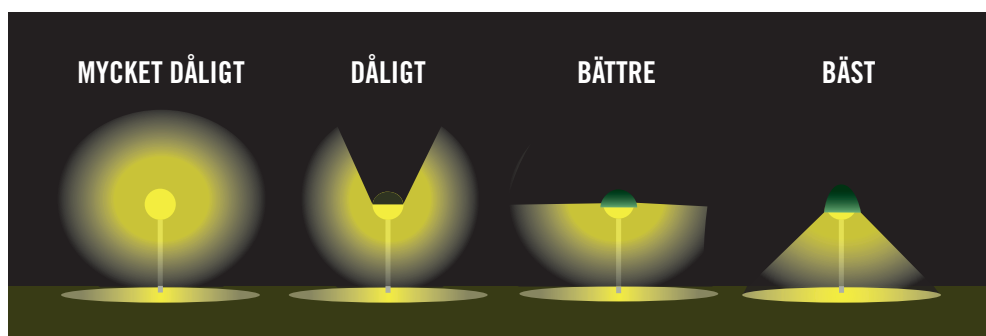


Bild 27. Exempel på olika sorters gatubelysning och effekten på ljusföroreningar.

Illustration: Lotta Tomasson/VA CC BY-NC 2.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

REFERENSER

Chepesiuk, R. (2009). Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 117, A20-A27.

Eklöf & Rydell (2018) *Forskning & Framsteg* 8, 26-33.

Gaston, K. J. et al. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological reviews*, 88, 912-927.

Kyba, C. C. M. et al. (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances* 3, 1-8.

Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2, 191-198.

WEBBRESURSER OM LJUSFÖRORENINGAR:

www.darksky.org

www.globeatnight.org

www.darkskiesawareness.org

www.lightpollutionmap.info

FORSKARFREDAG

— En del av europeiska Researchers' Night —

FORSKARFREDAGS MASSEXPERIMENT

— MEDBORGARFORSKNING FÖR DIG I DIN VARDAG

Varje höst sedan 2009 har tiotusentals svenska elever och andra intresserade hjälpt forskare att ta fram ny kunskap i ForskarFredags massexperiment. Experimenten skapar kontakt mellan forskare och skolan, och ger elever insikt i hur forskning fungerar. Massexperimenten är ett exempel på medborgarforskning (*citizen science*), ett snabbt växande globalt fenomen.

OM FORSKARFREDAG

Den sista fredagen i september är utlyst som European Researchers' Night av EU-kommissionen. Runtom i hela Europa anordnas aktiviteter där allmänheten kan träffa forskare och upptäcka hur spännande och vardagsnära forskning kan vara. I Sverige går evenemanget under namnet ForskarFredag och är landets mest spridda vetenskapsfestival. ForskarFredag samordnas av den ideella organisationen Vetenskap & Allmänhet, VA.

Läs mer om **ForskarFredag** och massexperimentet på forskarfredag.se.

FORMAS



fysik.org



H KR Högskolan Kristianstad



LUNDS UNIVERSITET

Rymdstyrelsen
Swedish National Space Agency

SVENSKA
ASTRONOMISKA
SÄLLSKAPET



umevatoriet



VETENSKAPENS HUS



Vetenskap & Allmänhet



ForskarFredag finansieras av EU:s forsknings- och innovationsprogram Horisont 2020, GA No 818421.