Nya klimatindikatorer för temperatur i Stockholm

Underlag till Miljöförvaltningens övervakning av klimatförändringar och dess effekter

Beatrice Säll

Utfört på uppdrag av Avdelningen för Miljöanalys

SLB-analys

SLB 32:2019

Omslagsbild: fotograf Henrik Trygg

Uppdragsnummer	2019037
Daterad	2020-04-28
Handläggare	Beatrice Säll
Status	Slutgiltig

Förord

Denna utredning är gjord av SLB-analys vid Miljöförvaltningen i Stockholm på uppdrag av Avdelningen för Miljöanalys vid samma förvaltning. SLB-analys är operatör för Östra Sveriges Luftvårdsförbunds system för övervakning och utvärdering av luftkvalitet i regionen. Rapporten har sammanställts av Beatrice Säll.

Att övervaka klimatförändringar innebär att observera väder under lång tid, oftast flera decennier. När man har tillgång till sammanhängande tidsserier kan trendanalyser göras som visar utvecklingen över tiden. Det ger också kunskap om variationen i dagens klimat. Framtagandet av klimatindikatorer gör att förändringarna kan följas och presenteras på ett pedagogiskt sätt. Övervakningen utgör också ett stöd för stadens arbete med klimatanpassning. Särskilt förekomsten av extrema väderhändelser och dess effekter är intressant att analysera.

Sedan tidigare redovisas årsmedeltemperatur, säsongsmedeltemperatur, månadsmedeltemperatur, högsommardagar och frostdagar på webbplatsen Miljöbarometern. Detta har genom denna utredning utökats till att även omfatta maximal dygnstemperatur, maximal dygnsmedeltemperatur, värmeböljor, tropiska dygn, växtsäsong samt nollgenomgångar. Temperaturdata har hämtats från tre mätstationer i Stockholms kommun. Stationerna som använts tillhör SMHI och Östra Sveriges Luftvårdsförbund (drivs av SLB-analys).

Beställare vid Avdelningen för Miljöanalys har varit Magnus Sannebro, som också granskat rapporten och bidragit med värdefulla synpunkter och texter.

Innehåll

Sammanfattning ... 1
Inledning ... 4
Statistikunderlag ... 6
Mätstationer och tidstäckning ... 6
Databortfall ... 8
Metod ... 11
Definition av temperaturdygn ... 11
Mätinstrument och metod för databearbetning ... 12
Felkällor vid temperaturmätning ... 13
Temperaturindikatorer ... 14
Årsmedeltemperatur ... 14
Högsommardagar ... 17
Frostdagar ... 20
Maximal dygnstemperatur ... 21
Maximal dygnsmedeltemperatur ... 24
Värmeböljor ... 27
Tropiska dygn ... 31
Växtsäsong (Vegetationsperiod) ... 35
Nollgenomgångar ... 40
Temperatur i framtidens klimat ... 41
Sammanfattande resultat och slutsatser ... 44
Referenser ... 46

Sammanfattning

I denna rapport presenteras nya samt utökade klimatindikatorer för temperatur i Stockholms stad. Indikatorerna redovisas på webbplatsen Stockholms miljöbarometer (miljobarometern.stockholm.se/klimat) och kommer att uppdateras årligen. Arbetet ingår i Miljöförvaltningens övervakning av klimatförändringar och dess effekter. Det finns ett stort intresse av att kontinuerligt utvärdera data i så långa tidsserier som möjligt för att se eventuella trender kopplade till den globala och regionala uppvärmningen.

Temperaturdata från tre mätstationer har använts i analysen, dels från SMHI:s station Observatorielunden i centrala Stockholm och dels från två av Östra Sveriges Luftvårdsförbunds stationer, Högdalen (ytterstaden) samt Torkel Knutssonsgatan på Södermalm. Dessa två mätstationer drivs av SLB-analys vid Miljöförvaltningen. Data redovisas som medeltemperatur samt högsta och lägsta temperatur per dygn enligt SMHI:s definitioner.

Tidsserierna från de olika mätstationerna varierar i längd, där Observatorielundens tidsserie är den längsta. Tidsserien som använts i denna studie består av dygnsmax- och dygnsminvärden samt dygnsmedelvärden framtagna av SMHI med start år 1941. Temperaturmätningarna på platsen startade redan år 1756 men data enligt den nuvarande definitionen av temperaturdygnet finns publicerade på SMHI:s hemsida med start år 1941. För mätstationerna Högdalen och Torkel Knutssonsgatan har timmedelvärden hämtats från Östra Sveriges Luftvårdsförbunds databas och dygnsmax-, dygnsmin- samt dygnsmedelvärden har beräknats utifrån dessa. Tidsserien från Högdalen startar år 1989 och tidsserien från Torkel Knutssonsgatan startar år 2002.

På Miljöbarometern presenteras idag klimatindikatorerna årsmedeltemperatur, säsongsmedeltemperatur, månadsmedeltemperatur, högsommardagar och frostdagar. Data till dessa indikatorer kommer från mätstationen Observatorielunden. Sex nya indikatorer har tagits fram i denna utredning: maximal dygnstemperatur, maximal dygnsmedeltemperatur, värmeböljor, tropiska dygn, växtsäsong samt nollgenomgångar. Samtliga baseras på data från alla tre mätstationer, med undantag för indikatorerna nollgenomgångar och frostdagar. Definitionen av de två indikatorerna innebär att de enbart kan baseras på data från mätstationen Observatorielunden.

De nya temperaturindikatorerna fokuserar främst på årets varma temperaturer. Detta för att bland annat kunna användas som underlag i analysen av perioder med extrem värme. Vidare har den befintliga temperaturindikatorn årsmedeltemperatur även räknats fram för mätstationerna Högdalen och Torkel Knutssonsgatan. De befintliga temperaturindikatorerna högsommardagar och frostdagar har förlängts bakåt i tiden för mätstationen Observatorielunden. Indikatorn högsommardagar har även beräknats för mätstationerna Högdalen och Torkel Knutssonsgatan.

Analysen av samtliga temperaturindikatorer visar på tydliga variationer från år till år, som får anses vara naturliga. Jämförelser mellan medelvärden för 30-årsperioder kan ge en indikation på förändringar mellan perioderna. Dessa kan användas för att övervaka hur klimatet förändras. Nedan presenteras resultaten i korthet, för definitioner av de olika indikatorerna se respektive avsnitt i rapporten.

Årsmedeltemperaturen på mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 6,6°C under referensperioden 1961–1990. Detta kan jämföras med medelvärdet 7,7°C under perioden 1991–2018, en ökning på 1,1°C.

Antalet *högsommardagar* för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 16 dagar per år för referensperioden 1961–1990, jämfört med 23 högsommardagar under perioden 1991–2018, en ökning med 7 dygn vilket motsvarar 43 %.

Antalet *frostdagar* för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 116 dagar per år för referensperioden 1961–1990, jämfört med 95 dagar under perioden 1991–2018, en minskning med 21 dygn, motsvarande 18 %.

Maximala dygnstemperaturen på mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 29,8°C under referensperioden 1961–1990. Detta kan jämföras med 30,5°C under perioden 1991–2018, en ökning med 0,7°C. Tidsseriens högsta dygnstemperatur uppmättes till 35,4°C den 8 augusti år 1975.

Maximala dygnsmedeltemperaturen för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 23,0°C under referensperioden 1961–1990, jämfört med 23,9°C under perioden 1991–2018, en ökning med 0,9°C. Tidsseriens högsta dygnsmedeltemperatur uppmättes till 28,3°C den 7 augusti år 1975.

Årets längsta *värmebölja* för mätstationen Observatorielunden varade i genomsnitt 4,8 dygn under referensperioden 1961–1990, jämfört med 8,4 dygn under perioden 1991–2018. Detta utgör en ökning med 3,6 dygn vilket motsvarar 75 %. Analysen visar att värmeböljor har blivit vanligare under perioden 1991–2018, jämfört med referensperioden 1961–1990. Under de år då värmeböljor inträffar under perioden 1991–2018 går trenden mot färre men längre värmeböljor, jämfört med referensperioden 1961–1990.

Antalet *tropiska dygn* för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 0,4 st per år under referensperioden 1961–1990, jämfört med 1,25 tropiska dygn per år under perioden 1991–2018, en ökning med 0,85 dygn vilket motsvarar 213 %. År 2018 registrerades med råge flest tropiska dygn i tidsserien. Det året är den främsta anledningen till den stora ökningen mellan medelvärdet för perioden 1991–2018 och referensperioden 1961–1990.

Längden på *växtsäsongen* (vegetationsperiod) för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 219 dygn per år under referensperioden 1961–1990. Detta kan jämföras med 233 dygn per år under perioden 1991–2018, en ökning med 14 dygn vilket motsvarar 7 %. Ökningen av växtsäsongens längd beror främst på att den börjar tidigare på året.

Antalet *nollgenomgångar* för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 67 dygn per år under referensperioden 1961–1990, jämfört med 59 dygn per år under perioden 1991–2018, en minskning med 8 dygn, motsvarande -11 %.

Tidsserierna vid mätstationerna Högdalen och Torkel Knutssonsgatan är för korta för att kunna jämföras mot referensperioden. Däremot kan medelvärden från mätstationen Högdalen för perioden 1991–2018 jämföras mot samma period från Observatorielunden. Samtliga indikatorer tyder då på att klimatet är något varmare i omgivningen kring mätstationen Observatorielunden i innerstaden, jämfört med mätstationen Högdalen som ligger i ytterstaden. Det visar att den urbana värmeö-effekten är högre i den tätbebyggda innerstaden, jämfört med ytterstadsområden som har mer grönska.

Avslutningsvis görs en genomgång av SMHI:s prognoser över framtida temperaturförhållanden i Stockholms län till år 2100, med avseende på indikatorerna årsmedeltemperatur, vegetationsperiodens längd och startpunkt samt värmeböljor. SMHI betonar att framtida temperaturförändringar beror på utvecklingen av växthusgasutsläppen och att det i nuläget inte går att avgöra vilket utsläppscenario som är mest sannolikt. Det innebär vidare att det i nuläget inte går att säga något säkert om hur mycket temperaturen kommer förändras det kommande seklet. Sannolikt kommer årsmedeltemperaturen att öka gradvis och i slutet av seklet hamna på en 3–5 graders uppvärmning jämfört med idag, beroende på utsläppsscenario. Prognoserna visar även att vegetationsperiodens längd ökar till följd av uppvärmningen, med 2–3 månader till slutet av seklet beroende på utsläppsscenario. Även värmeböljorna prognosticeras öka då antalet varma dagar blir fler. De hittills konstaterade temperaturförändringarna i Stockholms stad identifierade i denna studie överensstämmer med SMHI:s prognoser för den framtida temperaturutvecklingen i Stockholms län.

Inledning

Stockholms stad presenterar stora delar av sina miljödata samt klimatindikatorer på webbplatsen Stockholms miljöbarometer (miljobarometern.stockholm.se/klimat). Där presenteras idag indikatorerna årsmedeltemperatur, säsongsmedeltemperatur, månadsmedeltemperatur, högsommardagar och frostdagar [1]. Genom denna utredning utökas antalet temperaturindikatorer till att även omfatta:

- Maximal dygnstemperatur
- Maximal dygnsmedeltemperatur
- Värmeböljor
- Tropiska dygn
- Växtsäsong
- Nollgenomgångar

Temperaturdata har hämtats från tre mätstationer i Stockholms kommun: Sveriges meteorologiska och hydrologiska instituts (SMHI) station Observatorielunden i centrala Stockholm samt Östra Sveriges Luftvårdsförbunds (ÖSLVF) stationer Högdalen belägen i ytterstaden och Torkel Knutssonsgatan på Södermalm. Detta skiljer sig från tidigare då data enbart hämtats från SMHI:s station i Observatorielunden. ÖSLVF:s stationer drivs av SLB-analys vid Miljöförvaltningen. De nya indikatorerna ska uppdateras årligen och därmed kontinuerligt följas upp. De utgör underlag för att analysera vilka förändringar som kan ses avseende extrema väderhändelser samt hur det förhåller sig till SMHI:s prognoser över den framtida klimatutvecklingen i Stockholms län för olika utsläppsscenarier.

Syftet med denna studie var att utöka antalet temperaturindikatorer som presenteras på webbsidan Miljöbarometern. Detta möjliggör att fler indikatorer för temperatur kan studeras, särskilt för extrem värme. Arbetet ingår i miljöförvaltningens övervakning av klimatförändringar och dess effekter och utgör ett stöd i stadens arbete med klimatanpassning.

Generellt är stadsklimatet varmare än klimatet i obebyggda och glest bebyggda områden. Detta fenomen kallas för urban värmeö och har studerats i olika forskningsprojekt i Sverige och internationellt [2]. Fenomenet beror främst på byggnadsmaterialens förmåga att absorbera och lagra värme, hur tätt husen står, husens höjd, samt andelen hårdgjorda ytor [2]. De högsta lufttemperaturerna finner man i centrala, tättbebyggda delar av staden. Rent generellt avtar den urbana värmeön långsamt i intensitet ju längre ut från centrum man kommer [2]. Hårdgjorda ytor i städer blir ett ökande problem eftersom värme lagras där. Detta kan orsaka negativ hälsopåverkan i form av påfrestningar på hjärtat och blodcirkulationen på grund av värmestress i ett allt varmare klimat [3]. Bebyggelse, infrastruktur och tekniska försörjningssystem måste därför anpassas för att klara såväl dagens extrema väderhändelser som de klimatförändringar som väntar [4].

Temperatur och andra meteorologiska parametrar kan även vara starkt kopplade till koncentrationen av luftföroreningar. Klimatindikatorerna kan därför även användas för vidare studier av kopplingen mellan luftföroreningar och temperatur. Det har forskats på detta område både i Sverige och internationellt. Tidigare studier lyfter bland annat fram att

variation i koncentrationen av luftföroreningen marknära ozon är starkt kopplad till meteorologiska faktorer, bland annat temperatur. Temperatur kan ha både direkta och indirekta effekter på koncentrationen av luftföroreningar. En direkt effekt är till exempel att koncentrationen av marknära ozon kan öka vid värmeböljor eftersom det då är höga temperaturer, stabilt och soligt väder under en längre period [5,6]. En indirekt effekt som temperatur kan ha på koncentrationen av marknära ozon är till exempel att upptaget av marknära ozon av växter kan försämras vid långa perioder av höga temperaturer och torka, vilket leder till att det ozon som har producerats deponeras långsammare från atmosfären [6].

Statistikunderlag

Mätstationer och tidstäckning

De olika mätstationernas tidsserier har olika startår. De startar år 1941 för mätstationen Observatorielunden, år 1989 för Högdalen och år 2002 för Torkel Knutssonsgatan. Dessa år motsvarar de tidigaste helårsperioderna med tillgängliga data enligt nuvarande definition av temperaturdygnet från mätstationerna. Tabell 1 redovisar mätstationernas tidstäckning samt år delvis utan mätdata. Mätstationernas placering framgår av Figur 1.

Tabell 1. *Stationer, driftansvarig verksamhet, tidstäckning samt år delvis utan registrerade data för alla stationerna.*

Stationsnamn	Driftansvarig	Tidstäckning	År delvis utan mätdata
Observatorielunden	SMHI	1941-01-01–2018-12-31	
Högdalen	SLB-analys	1989-01-01–2018-12-31	1989–1991, 1993–1994, 1997, 2003, 2007
Torkel Knutssonsgatan	SLB-analys	2002-01-01–2018-12-31	2004–2006

Figur 1. *Mätstationerna geografiska placering. Mätstationerna Observatorielunden och Torkel Knutssonsgatan är placerade i Stockholms innerstad och Högdalen i ytterstadsområdet Högdalen.*

Observatorielunden

Mätstationen Observatorielunden drivs av SMHI. Mätinstrumenten är placerade 2 m över marken på Observatoriekullen i Stockholms innerstad. Temperaturmätningarna startade där redan år 1756 men digitala mätdata enligt definitionen av dagens temperaturdygn (kl. 18:00-18:00 UTC) finns publicerade på SMHI:s hemsida först från år 1941 [7,8]. Digitala mätdata finns publicerade för längre tillbaka i tiden men då uträknade under en annan tidsperiod än dagens temperaturdygn.

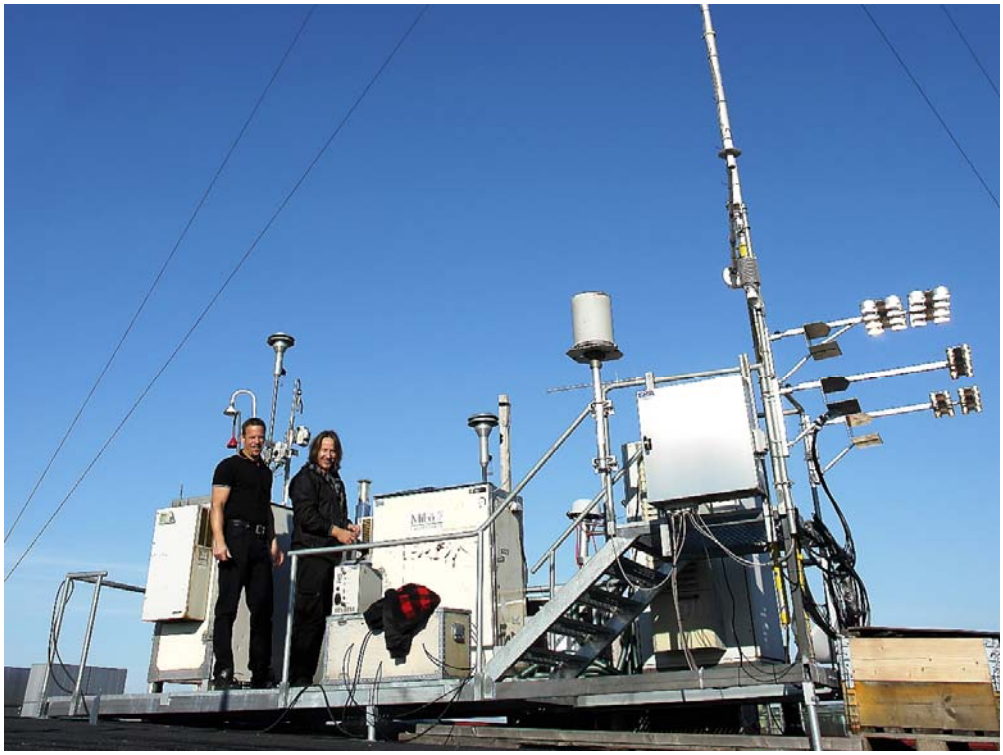
Högdalen

Östra Sveriges Luftvårdsförbunds mätstation Högdalen drivs av SLB-analys. Den är belägen i ett industriområde i ytterstadsområdet Högdalen i södra Stockholm (se Figur 2). Masten sträcker sig 50 m ovan marknivå och temperaturmätningen görs 5 m ovan marknivå. Mätningarna startade år 1989.

Figur 2. *Meteorologisk mast belägen i området Högdalen i södra Stockholm. Temperaturmätaren är placerad 5 m ovan mark.*

Torkel Knutssonsgatan

Östra Sveriges Luftvårdsförbunds mätstation Torkel Knutssonsgatan, hädanefter benämnd Torkel, drivs likt mätstationen Högdalen av SLB-analys. Den är belägen på ett tak på Södermalm i Stockholms innerstad (se Figur 3). Masten sträcker sig 36 m ovan gatunivå och temperaturmätningen görs 20 m ovan gatunivå. Mätningarna startade år 2002.



Figur 3. *Meteorologisk mätstation vid Torkel Knutssonsgatan, belägen på ett tak på Södermalm i Stockholms innerstad. Temperaturmätaren är placerad 20 m ovan mark.*

Databortfall

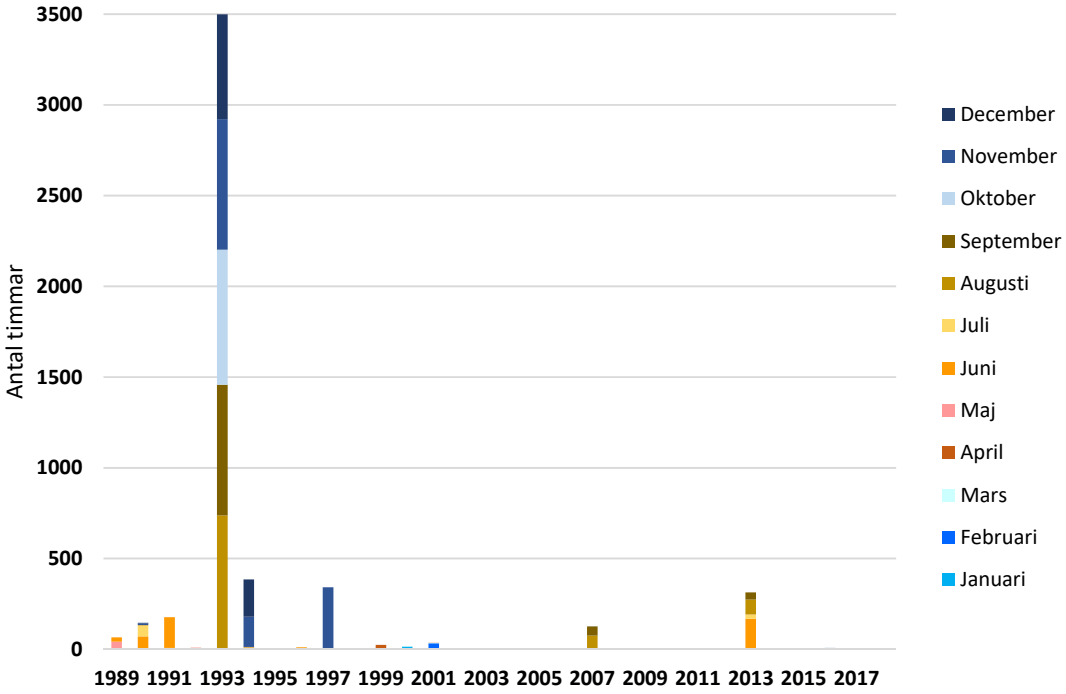
För mätstationerna Högdalen och Torkel har timmedelvärden använts i framtagandet av indikatorerna. Av olika anledningar, till exempel underhåll och driftstopp, saknas data i mätstationernas tidsserier. För mätstationen Observatorielunden finns inget databortfall registrerat eftersom saknade värden i dataserien aggregeras/interpoleras (se nedan) [7,8].

Temperaturindikatorerna påverkas olika beroende på vilken tid på året som databortfallet inträffat. Indikatorerna i denna utredning fokuserar främst på höga temperaturer vilket medför att databortfall under årets varma årstider påverkar indikatorerna mest.

Högdalen

Figur 4 illustrerar databortfallet för mätstationen Högdalen. År 1993 saknas data både under sommar och vinterhalvåret för mätstationen i Högdalen. Detta medför att resulterande värden på indikatorerna maximal dygnstemperatur, maximal dygnsmedeltemperatur, värmeböljor, tropiska dygn är något osäkra det året. Klimatindikatorn växtsäsong har inte beräknats för det året eftersom databortfallet gör att

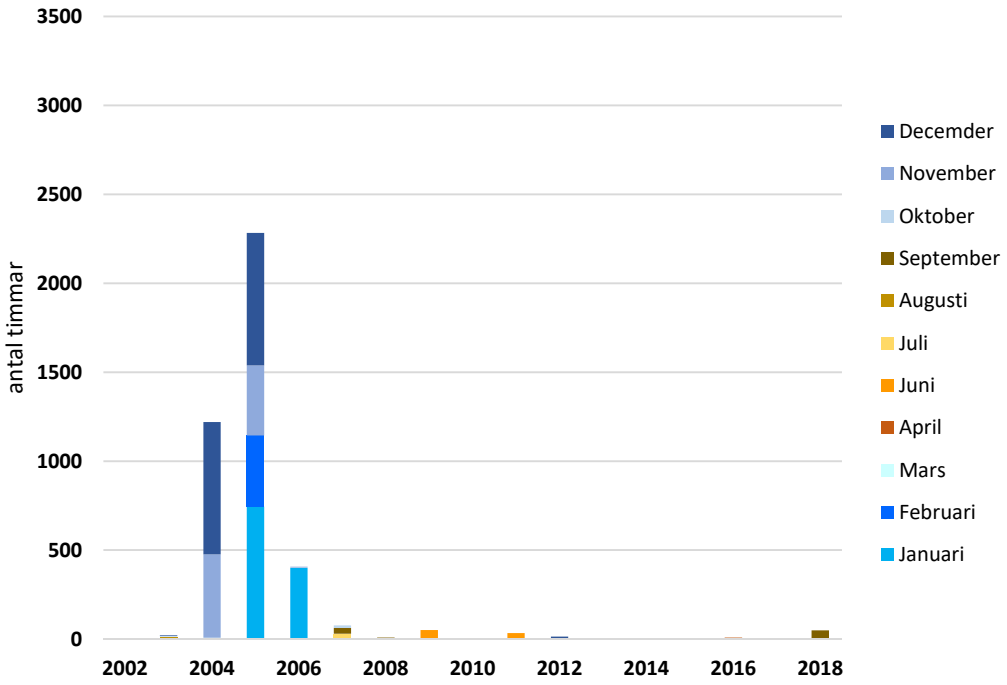
slutdatumet för indikatorn inte går att fastställa. Även indikatorn årsmedeltemperatur påverkas mycket av databortfallet och har inte heller den beräknats för år 1993. Under år 1994 och 1997 saknas data under vinterhalvåret, vilket medför att indikatorn växtsäsong påverkas även dessa år. Eftersom slutdatumet inte går att fastställa har indikatorn inte beräknats för de åren heller. Däremot påverkas inte övriga temperaturindikatorer. Under åren 1989–1991, 2007 samt 2013 är databortfallet relativt litet men det inföll under sommarhalvåret, detta medför att indikatorerna maximal dygnstemperatur, maximal dygnsmedeltemperatur, värmeböljor samt tropiska dygn är något mer osäkra dessa år då enstaka värden skulle kunna saknas i indikatorerna som presenteras. Dock bedöms osäkerheten för dessa år vara så pass liten att den storskaliga bilden av resultatet inte påverkas nämnvärt. Indikatorn vegetationsperiod är opåverkad dessa år.



Figur 4. *Databortfall i antal timmar för mätstationen Högdalen. Bortfallet är uppdelat per år och staplarnas färger representerar de olika månaderna, där blå nyanser motsvarar vinterhalvåret (oktober-mars) och gula och rosa nyanser motsvarar sommarhalvåret (april-september). Ett helt år har 8760 timmar (8784 timmar vid skottår).*

Torkel

Figur 5 illustrerar databortfallet för mätstationen Torkel. Under år 2004–2005 saknas data under vinterhalvåret för Torkel. Detta medför att indikatorn växtsäsong påverkas under de åren eftersom slutdatumet inte går att fastställa och indikatorn har inte beräknats för de åren. Även indikatorn årsmedeltemperatur påverkas av databortfallet och har inte beräknats för åren 2004–2006. Däremot påverkas inte övriga temperaturindikatorer. Övriga år är databortfallet mycket litet på Torkel, enstaka timmedelvärden per år saknas. Detta är en osäkerhet i resultatet som dock även i detta fall bedöms vara så pass liten att den inte påverkar den storskaliga bilden av resultatet nämnvärt.



Figur 5. *Databortfall i antal timmar* för *mätstationen Torkel. Bortfallet är uppdelat per år och staplarnas färger representerar de olika månaderna, där blå nyanser motsvarar vinterhalvåret (oktober-mars) och gula och rosa nyanser motsvarar sommarhalvåret (april-september). Ett helt år har 8760 timmar (8784 timmar vid skottår).*

Metod

Nya temperaturindikatorer har tagits fram i samråd med Magnus Sannebro på miljöförvaltningens avdelning Miljöanalys. Urvalet har utgått från SMHI:s nationella klimatindikatorer och index [9,10]. Analysen har gjorts med syfte att erhålla långa tidsserier samt få en geografisk spridning där en jämförelse mellan innerstad och ytterstad kan göras.

Temperaturdata för Observatorielunden har hämtats från SMHI:s dataportal Öppna data [11] och har använts som underlag för samtliga nya temperaturindikatorer. Temperaturdata för Östra Sveriges Luftvårdsförbunds mätstationer, Högdalen och Torkel, har hämtats från luftvårdsförbundets databas med klimatdata.

Data från de tre mätstationerna har använts för alla temperaturindikatorer utom frostdagar och nollgenomgångar. För dessa användes enbart data från mätstationen Observatorielunden eftersom indikatorerna enligt SMHI:s definition ska baseras på temperaturmätning 2 m ovan mark. Mätningarna på mätstationerna Högdalen och Torkel sker på 5 respektive 20 meter över mark.

Definition av temperaturdygn

I arbetet med framtagande av temperaturindikatorerna användes två definitioner av dygnets omfattning. Det så kallade temperaturdygnet användes för framtagandet av temperaturindikatorerna maximal dygnstemperatur, värmeböljor, tropiska dygn samt nollgenomgångar, i enlighet med SMHI:s definition av indikatorer som baseras på dygnsvis max- och minimivärden [9,10]. Temperaturdygnet sträcker sig, enligt SMHI:s definition, från klockan 19:00 föregående dygn till klockan 19:00 innevarande dygn svensk tid (mellan kl. 18:00 och kl. 18:00 UTC) [12,13]. För resterande indikatorer: årsmedeltemperatur, maximal dygnsmedeltemperatur samt växtsäsong användes ett dygn som sträcker sig från klockan 00:00 till 00:00 UTC, även det i enlighet med SMHI:s definitioner av indikatorer som baseras på medelvärden [7,14].

UTC, koordinerad universell tid, används ofta som referens när man definierar tidszoner. Den justeras inte efter sommartid, vilket gör att i länder som har sommartid så stämmer inte tiden med tidszonsiffran på sommaren. Svensk vintertid och sommartid är 1 respektive 2 timmar före UTC. Temperaturdata från SLB-analys stationer har inte korrigerats för sommartid vilket innebär att respektive dygn representerar UTC +2h under perioden med sommartid.

Perioden 1961–1990 används som referensperiod i enlighet med Världsmeteorologiska Organisationens (WMO) standard [14]. I klimatstudier är det vanligt att medelvärden över olika 30-årsperider jämförs med referensperioden. Tidsserien från mätstationen Observatorielunden är den enda av de tre mätstationerna i den här studien som inkluderar referensperioden. Den tidsserien kan därför användas för att jämföra 30-årsmedelvärdet för referensperioden och den efterföljande 28-årsperioden (1991–2018) och för att undersöka långvariga trender. Tidsserien från mätstationen Högdalen kan även den användas för att beräkna 28-årsmedelvärde perioden 1991–2018. Detta kan jämföras med samma period för mätstationen Observatorielunden för att undersöka skillnader i temperatur mellan inner- och ytterstad. Tidsserien från mätstationen Torkel är inte lång nog för medelvärdesbildning som passar sig för klimatjämförelse. Den används för att undersöka mellanårsvariationer.

Mätinstrument och metod för databearbetning

Observatorielunden

Mätstationen i Observatorielunden drivs av SMHI. På mätplatsen finns två temperaturmätare av typen PT-100 givare (Pentronic) som ger momentanvärden av temperaturen. Den ena läses av manuellt. Från och med 1947 har observationstiderna varit kl. 07, 13 och 19 svensk normaltid. Detta för att erhålla en enhetlig lång tidsserie. Den andra är en automatisk mätstation som loggas digitalt.

Mätinstrumenten är så kallade resistanstermometrar som vanligtvis består av en platinatråd vars resistans förändras med temperaturen. Resistansen i PT-100 givaren (Pentronic) är 100 Ohm vid 0 grader. Resistansen ökar med ökande temperatur och förändringen är ungefär 0,39 Ohm/grad [16].

SMHI efterbehandlar mätdatat och beräknar max-, min- och medelvärden för respektive dygn. Max- och minvärdena beräknas för varje så kallat temperaturdygn (kl. 18:00-18:00 UTC) och dygnsmedelvärden beräknas för dygnet som sträcker sig kl. 00:00-00:00 UTC. På SMHI:s webbsida finns dessa efterbearbetade data, enligt nuvarande definition av temperaturdygnet, publicerade från och med år 1941 och dessa dataserier har använts i denna studie.

Dygnsmedelvärdet beräknas av SMHI med Ekholm-Modéns formel för att få ett representativt värde utifrån tre datapunkter [16]. Formeln, hämtad från SMHI, lyder som följer:

$$Tm=(aT07+bT13+cT19+dTx+eTn)/100$$

där T07, T13, T19, är uppmätta temperaturen vid respektive tid, Tx är maxtemperaturen och Tn minimitemperaturen. Koefficienterna a-e är en funktion av månad och longitud.

Mätningarna av max- och minitemperatur är historiskt avlästa på en max- respektive minitermometer som redovisar högsta respektive lägsta temperatur mellan två nollställningar av respektive termometer [17]. De två elektriska mätinstrumenten som finns på mätstationen idag installerades i början av 2000-talet. De loggar temperaturen kontinuerligt.

Högdalen

Temperaturen på mätstationen Högdalen mäts med en PT-100 givare (Pentronic), samma typ av mätinstrument som på mätstationen Observatorielunden. Timmedelvärden från mätstationen Högdalen har analyserats i denna studie. Max- och minvärdena har beräknats för temperaturdygnet (kl. 18:00-18:00 UTC) och dygnsmedelvärden för dygnet som sträcker sig kl. 00:00-00:00 UTC.

Torkel

Temperaturen på mätstationen Torkel mäts med en Rotronic Hygroclip 2, som innehåller samma typ av temperatursensor som de andra två mätstationerna. Timmedelvärden från mätstationen Torkel har analyserats i denna studie. Även för denna station beräknades max- och minimivärden för temperaturdygnet (kl. 18:00-18:00 UTC) och dygnsmedelvärden för dygnet som sträcker sig kl. 00:00-00:00 UTC.

Felkällor vid temperaturmätning

Det är viktigt att en temperatursensor som mäter lufttemperatur skyddas från solen. Temperatursensorn måste även skyddas mot nederbörd. Detta görs genom att placera temperatursensorn i ett strålskydd. Osäkerheten i temperatursensorn är generellt liten men snabba temperaturväxlingar ger upphov till högst osäkerhet i resultatet [17].

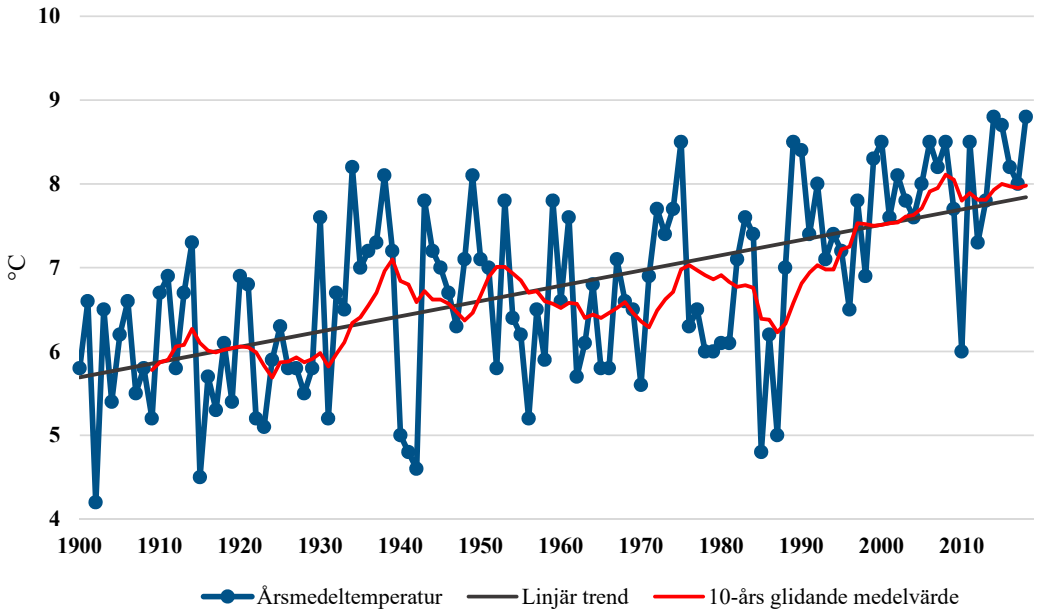
Temperaturindikatorer

Årsmedeltemperatur

Årsmedeltemperaturen motsvarar medelvärdet av varje års alla dygnsmedeltemperaturer. Indikatorn baseras på dygnsmedelvärden beräknade utifrån timmedelvärden för mätstationerna Högdalen och Torkel samt på dygnsmedelvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses dygnet som sträcker sig mellan klockan 00:00 och 00:00 UTC enligt SMHI:s definition [7]. Denna indikator finns redan publicerad på webbsidan Miljöbarometern för mätstationen Observatorielunden, nya data i den här rapporten har endast tagits fram för de två övriga mätstationerna.

Observatorielunden

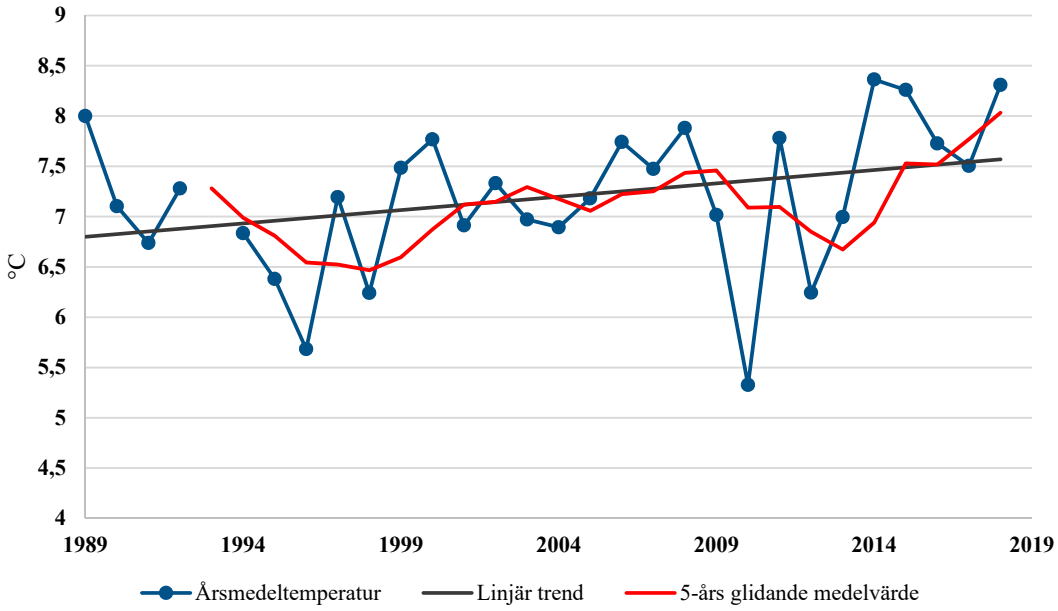
Figur 6 redovisar årsmedeltemperaturen mellan åren 1900 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Årsmedeltemperaturen varierar mycket från år till år. Under referensperioden 1961–1990 var årsmedeltemperaturen i genomsnitt 6,6°C, vilket kan jämföras med 7,7°C under perioden 1991–2018, en ökning på 1,1°C. År 2018 och 2014 var de år med den hittills högsta årsmedeltemperaturen, den uppgick då till 8,8°C [18].



Figur 6. *Årsmedeltemperatur, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1900 och 2018 för mätstationen Observatorielunden [18].*

Högdalen

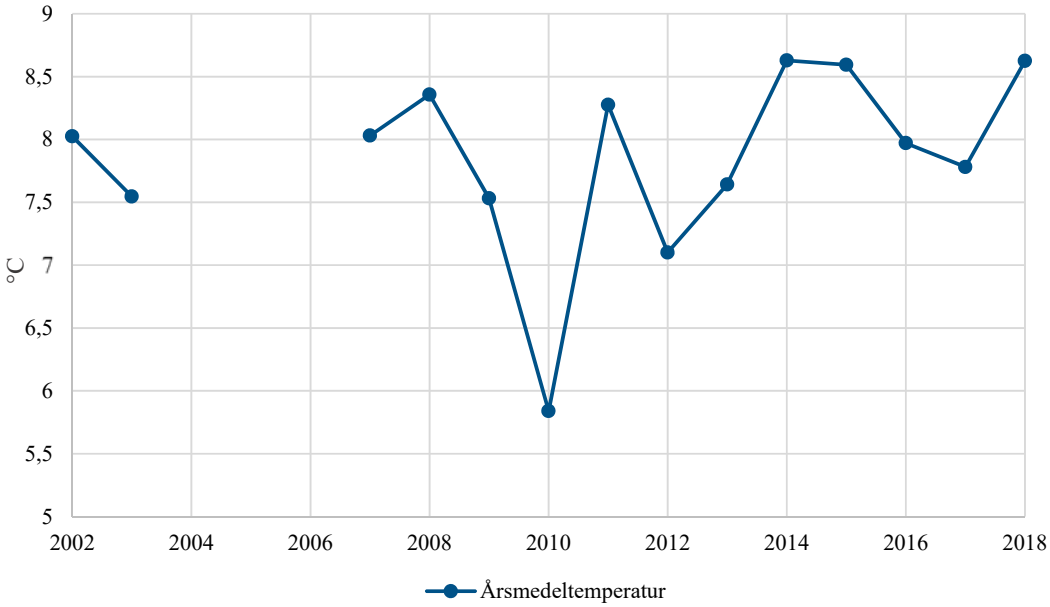
Figur 7 redovisar årsmedeltemperaturen mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Även vid denna mätstation varierar årsmedeltemperaturen mycket från år till år. År 1993 är borttaget från tidsserien på grund av stort databortfall. Under perioden 1991–2018 var årsmedeltemperaturen i genomsnitt 7,2°C. Detta är 0,5°C grader lägre än samma period för Observatorielunden. År 2014 inträffade tidsseriens högsta årsmedeltemperatur, 8,4°C.



Figur 7. *Årsmedeltemperatur, linjär trend samt 5-års glidande medelvärde mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. På grund av stort databortfall år 1993 har inget årsmedelvärdet beräknats för det året.*

Torkel

Tidsserien från mätstationen Torkel är den kortaste av de som analyserats. Figur 8 visar årsmedeltemperaturen mellan åren 2002 och 2018 för stationen. Resultatet visar en stor variation av årsmedeltemperaturen från år till år de senaste 17 åren. År 2004–2006 är borttagna från tidsserien på grund av databortfall. Under perioden 2002–2018 var årsmedeltemperaturen i genomsnitt 7,8°C, vilket är 0,4°C högre än motsvarande period för mätstationen Högdalen, där årsmedeltemperaturen i genomsnitt var 7,4°C under perioden. År 2018 och 2014 inträffade mätstationen Torkels högsta uppmätta årsmedeltemperaturer, den uppgick till 8,6°C.



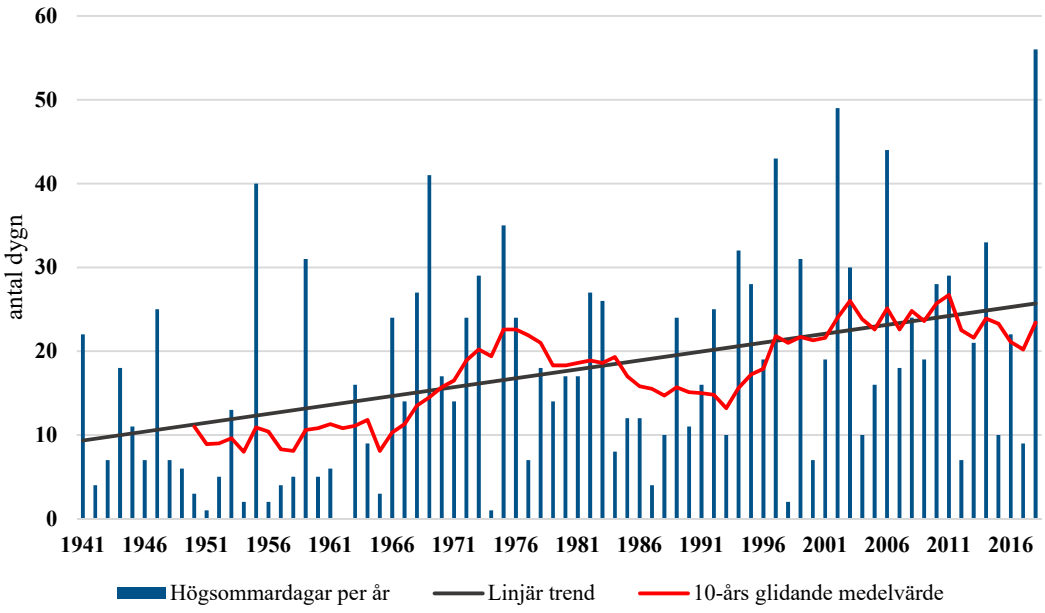
Figur 8. *Årsmedeltemperatur mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. På grund av databortfall åren 2004–2006 har inget årsmedelvärdet beräknats för de åren.*

Högsommardagar

Högsommardagar motsvarar dygn då maxtemperaturen är minst 25,0°C [19]. Indikatorn baseras på dygnsmaxvärden beräknade utifrån timmedelvärden för mätstationerna Högdalen och Torkel samt på dygnsmaxvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses temperaturdygnet, som sträcker sig mellan klockan 19:00 och 19:00 svensk tid enligt SMHI:s definition [12]. Temperaturen ska enligt definitionen avrundas till tiondelsgrad. Detta innebär att små variationer i temperatur mellan stationerna kan leda till stora variationer i antalet registrerade högsommardagar stationerna emellan. Denna indikator finns redan publicerad på webbsidan Miljöbarometern för perioden 2002–2018 för mätstationen Observatorielunden. I den här rapporten har indikatorn förlängts bakåt till år 1941 för mätstationen Observatorielunden samt beräknats för de två övriga mätstationerna.

Observatorielunden

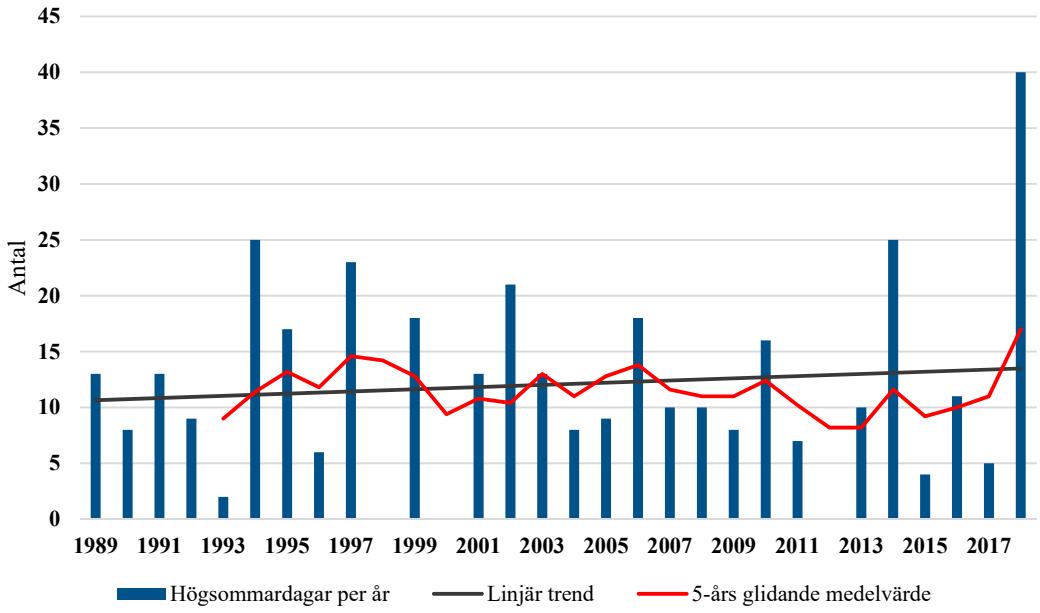
Figur 9 redovisar antalet högsommardagar per år mellan 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Under hela perioden 1941–2018 var medelvärdet av antalet inträffade högsommardagar per år 18 st. För referensperioden 1961–1990 inträffade i genomsnitt 16 högsommardagar per år, vilket kan jämföras med 23 högsommardagar under perioden 1991–2018. Alltså var det i genomsnitt 7 st fler högsommardagar per år under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden 1961–1990, vilket motsvarar en ökning med 43%. År 2018 uppmättes flest högsommardagar under perioden 1941-2018, 56 st. År 1962 uppmättes inga högsommardagar alls.



Figur 9. *Antal högsommardagar per år, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Högdalen

Figur 10 visar antalet högsommardagar per år mellan 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Under perioden 1991–2018 inträffade i genomsnitt 12 högsommardagar per år, vilket är 11 dygn färre än samma period för Observatorielunden. Flest högsommardagar inträffade år 2018, 40 st. År 1998, 2000 och 2012 uppmättes inga högsommardagar alls vid denna mätstation.

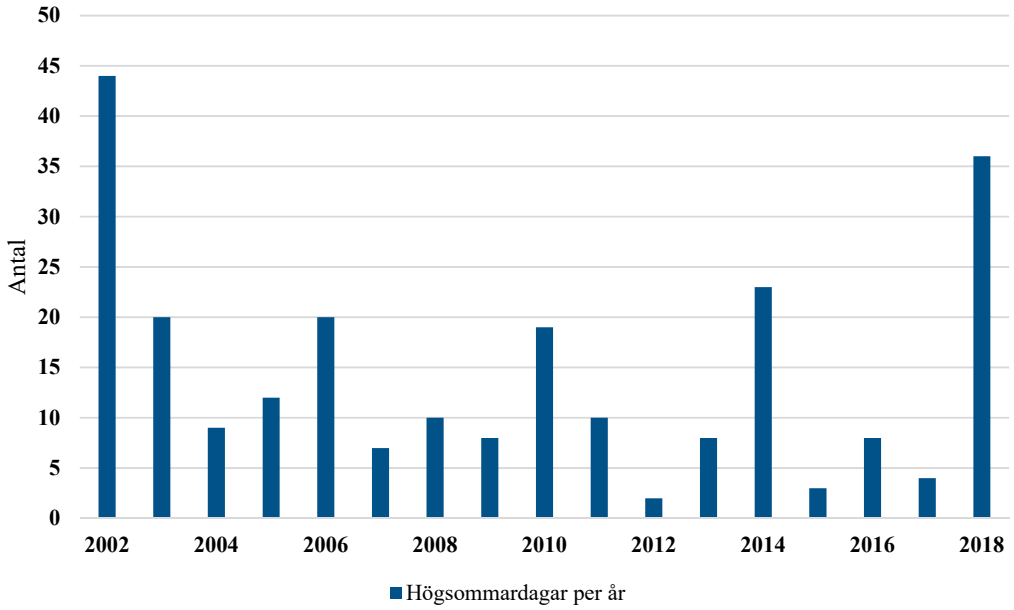


Figur 10. *Antal högsommardagar per år, linjär trend samt 5-års glidande medelvärde mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen.*

Torkel

Figur 11 visar antalet högsommardagar per år mellan 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. Under perioden 2002–2018 inträffade i genomsnitt 14 högsommardagar per år, vilket är ett dygn fler än motsvarande period för mätstationen Högdalen, där i genomsnitt 13 högsommardagar per år registrerades under perioden. Flest högsommardagar inträffade år 2002, 44 st.

Resultatet för år 2018 för mätstationen Torkel är ett exempel på hur definitionen av indikatorn kan påverka resultatet. Av de tre mätstationerna registrerades minst antal högsommardagar vid Torkel det året, vilket är mindre väntat eftersom mätstationen ligger i innerstan. Men statistiken visar att en maximal dygnstemperatur på strax under 25,0°C uppmättes vid ett flertal tillfällen för Torkel. Den faktiska uppmätta dygnsmaxtemperaturen skiljde vid samma tillfällen sig mycket lite åt mellan Torkel och Högdalen. Mätstationen Torkel är placerad på ett tak vilket bidrar till att skillnaden mellan Torkel och Högdalen är mindre än motsvarande skillnad mellan Högdalen och Observatorielunden, trots att mätstationen Torkel också är placerad i innerstan.



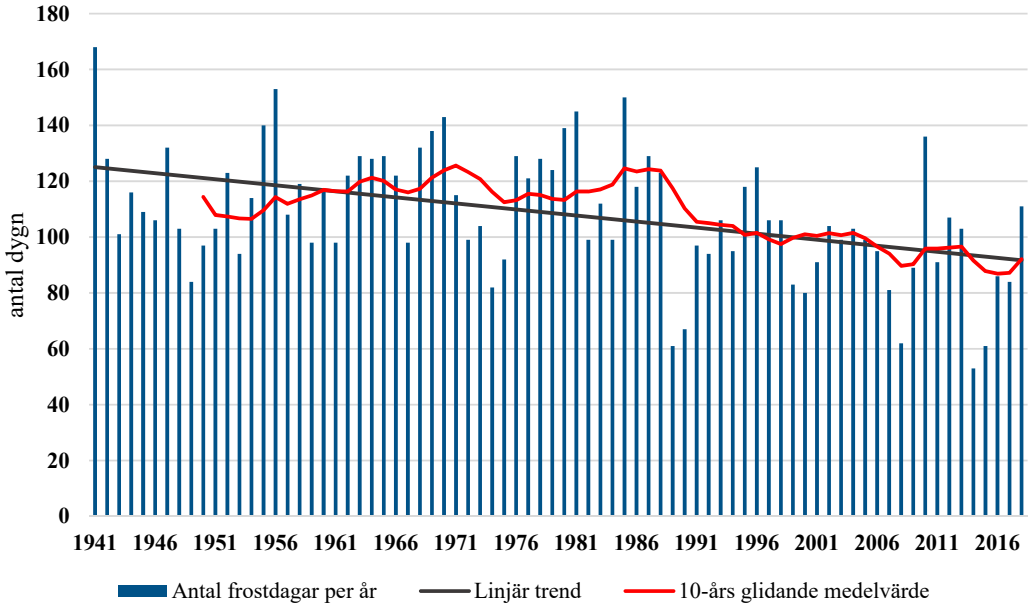
Figur 11. *Antal högsommardagar per år mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel.*

Frostdagar

Frostdagar motsvarar dygn då minimitemperaturen, uppmätt 2 m över marken, är under 0°C [20]. Indikatorn baseras på dygnsminvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. Eftersom mätstationerna Högdalen och Torkel är belägna på högre höjd har denna indikator inte kunnat beräknas för dem. Temperaturdygnet, som sträcker sig mellan klockan 19:00 och 19:00 svensk tid enligt SMHI:s definition, avses för denna indikator [12]. Indikatorn finns redan publicerad på webbsidan Miljöbarometern för perioden 2002–2018 för mätstationen Observatorielunden. I den här rapporten har tidsserien för Observatorielunden förlängts bakåt till år 1941.

Observatorielunden

Figur 12 visar antalet frostdagar per år mellan 1941 och 2018. Under hela perioden 1941–2018 var medelvärdet av antalet inträffade frostdagar per år 108 st. För referensperioden 1961–1990 inträffade i genomsnitt 116 frostdagar per år. Detta kan jämföras med i genomsnitt 95 frostdagar per år under perioden 1991–2018. Skillnaden mellan de två perioderna är alltså 21 frostdygn färre per år under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden, vilket motsvarar en minskning med 18 %. År 2014 var antalet frostdagar lägst under åren 1941–2018, 53 st. År 1941 var antalet frostdagar högst, 168 st.



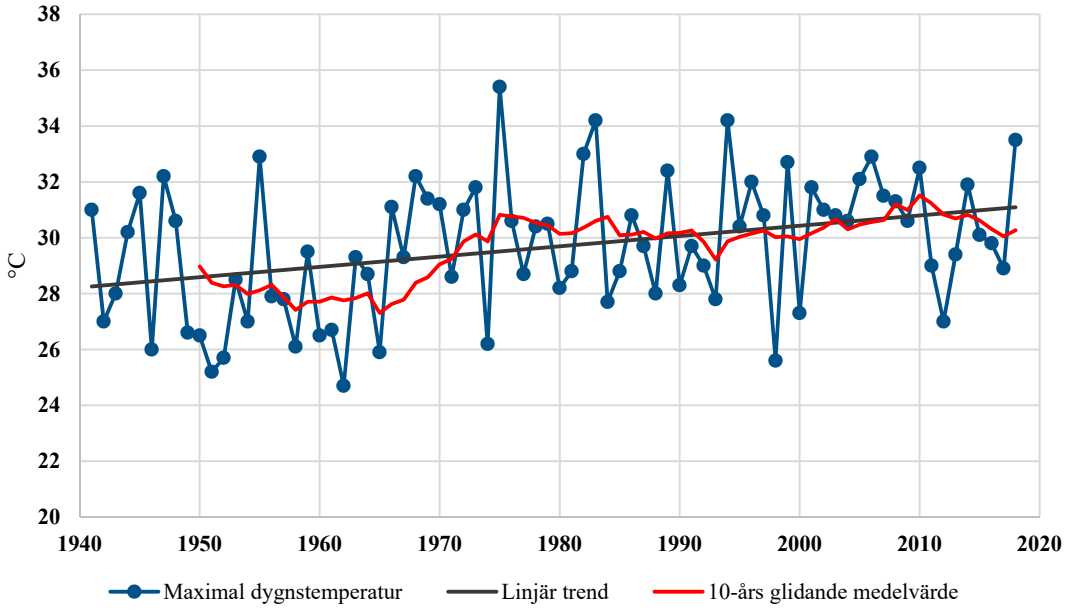
Figur 12. *Antal frostdagar per år, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Maximal dygnstemperatur

Maximal dygnstemperatur motsvarar varje års högsta uppmätta temperatur. Indikatorn baseras på dygnsmaxvärden beräknade utifrån timmedelvärden för Högdalen och Torkel samt på dygnsmaxvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses temperaturdygnet, som sträcker sig mellan klockan 19:00 och 19:00 svensk tid enligt SMHI:s definition [12].

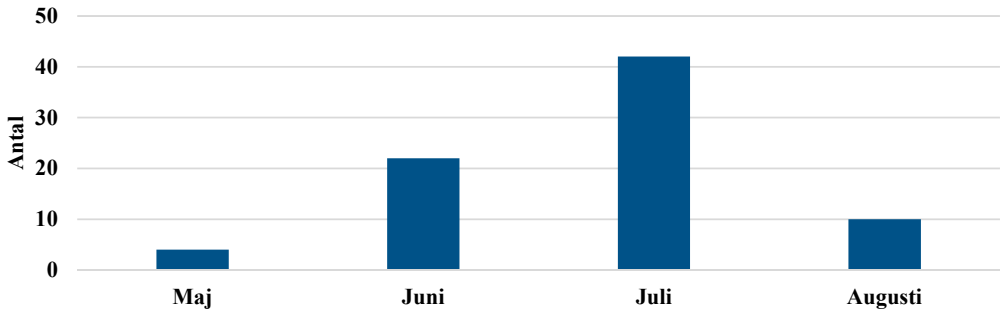
Observatorielunden

Figur 13 redovisar maximal dygnstemperatur mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Tidsserien uppvisar en stor variation från år till år, samtidigt som den linjära trendlinjen visar en tydlig ökning. Under hela perioden 1941–2018 var medelvärdet av den maximala dygnstemperaturen 29,7°C. Under referensperioden 1961–1990 var maximala dygnstemperaturen i genomsnitt 29,8°C. Detta kan jämföras med 30,5°C under perioden 1991–2018, en ökning med 0,7°C. Den 8:e augusti år 1975 uppmättes tidsseriens högsta dygnstemperatur, 35,4°C.



Figur 13. *Maximal dygnstemperatur, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Figur 14 redovisar under vilken månad respektive års maximala dygnstemperatur har uppmätts under perioden 1941–2018. Vanligast är att den infallit under juli månad, vilket skett för 54 % av de inkluderade åren.

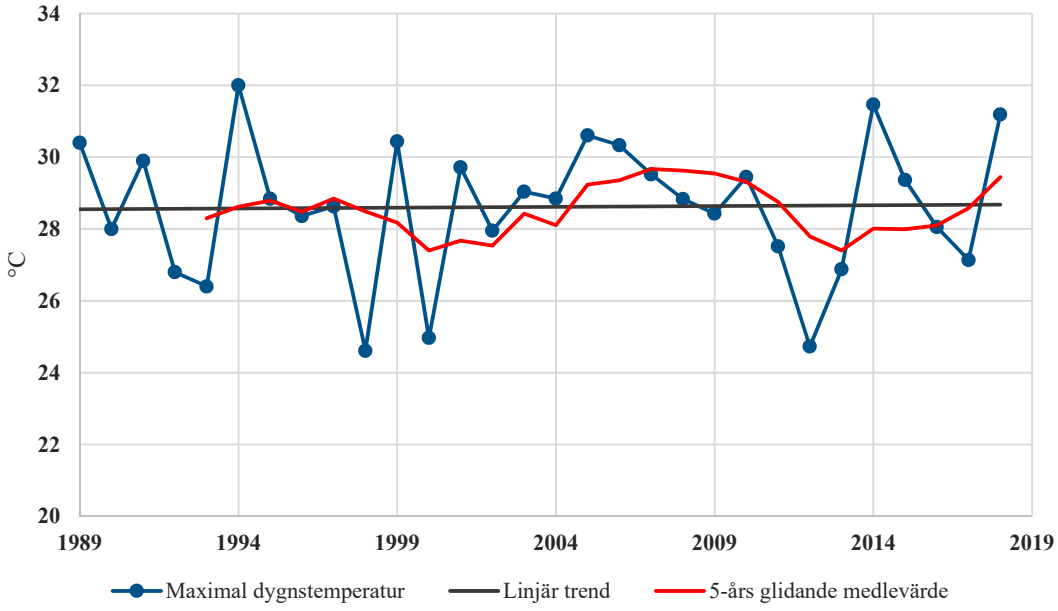


Figur 14. *Tillfälle då årets maximala dygnstemperatur inträffar, uppdelat månadsvis, under perioden 1941–2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Högdalen

Figur 15 redovisar maximal dygnstemperatur per år mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Även vid denna mätstation har en stor årlig variation hos den maximala dygnstemperaturen observerats. Under perioden 1991–2018 var maximala dygnstemperaturen i genomsnitt 28,6°C, vilket är 1,9°C grader lägre än samma period för Observatorielunden. Den troligaste förklaringen till denna skillnad är att den urbana värmeö-effekten är starkare i den tätbebyggda innerstaden, jämfört med ytterstaden som har mer grönska.

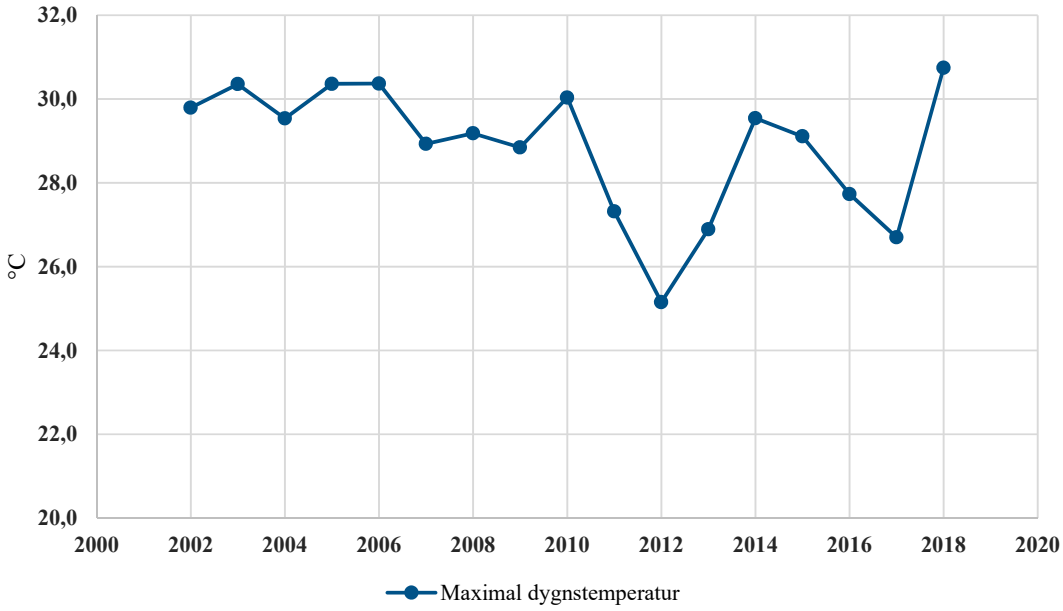
Tidsserien i Högdalen uppvisar varken en ökande eller minskande trend för den maximala dygnstemperaturen. Tidsserien sträcker sig inte så långt bakåt i tiden att man kan jämföra med referensperioden 1961-1990. Den 27:e juli år 1994 uppmättes den högsta dygnstemperaturen, 32,0°C.



Figur 15. *Maximal dygnstemperatur, linjär trend samt 5-års glidande medelvärde mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen.*

Torkel

Figur 16 redovisar maximal dygnstemperatur per år mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. Tidsserien från mätstationen Torkel är den kortaste av de som analyserats. Även den visar en stor variation från år till år de senaste 17 åren. Mellan åren 2002 och 2010 varierar den maximala dygnstemperaturen mycket lite mellan åren. Under åren 2011–2013 var den maximala dygnstemperaturen något lägre, även 2017 utmärker sig på detta sätt. 2018 uppmättes tidsseriens högsta maximala dygnstemperatur, 30,7°C. Medelvärdet av den maximala dygnstemperaturen var 28,9°C under perioden 2002–2018. Detta är endast 0,1°C högre än motsvarade värde för Högdalen, där den maximala dygnstemperaturen i genomsnitt var 28,8°C under perioden. Att mätstationen Torkel är placerad på ett tak bidrar även i detta fall till att skillnaden mellan Torkel och Högdalen är mindre än motsvarande skillnad mellan Högdalen och Observatorielunden, trots att mätstationen Torkel också är placerad i innerstan.



Figur 16. *Maximal dygnstemperatur mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel.*

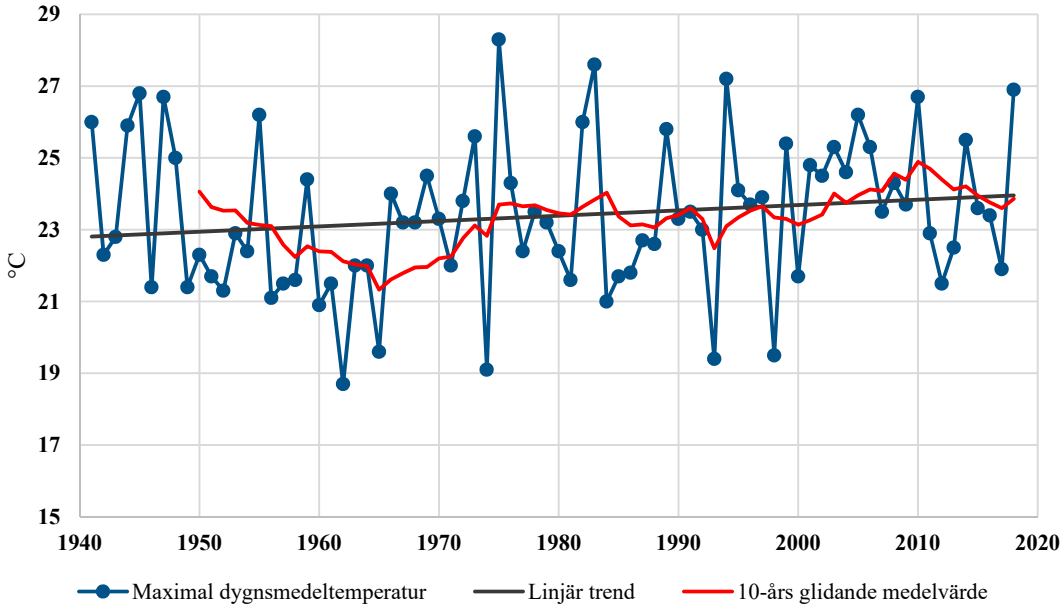
Maximal dygnsmedeltemperatur

Den maximala dygnsmedeltemperaturen motsvarar varje års högsta uppmätta dygnsmedeltemperatur. Denna indikator baseras på dygnsmedelvärden beräknade utifrån timmedelvärden för mätstationerna Högdalen och Torkel samt på dygnsmedelvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses dygnet, som sträcker sig mellan klockan 00:00 och 00:00 UTC [7].

Observatorielunden

Figur 17 redovisar maximal dygnsmedeltemperatur per år mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Även denna indikator visar en stor variation från år till år. Under perioden 1941–2018 var medelvärdet av den maximala dygnsmedeltemperaturen 23,4°C. Under referensperioden 1961–1990 var den maximala dygnsmedeltemperaturen i genomsnitt 23,0°C. Detta kan jämföras med 23,9°C under perioden år 1991–2018, en ökning på 0,9°C. Den 7:e augusti år 1975 inträffade tidsseriens högsta dygnsmedeltemperatur, 28,3°C.

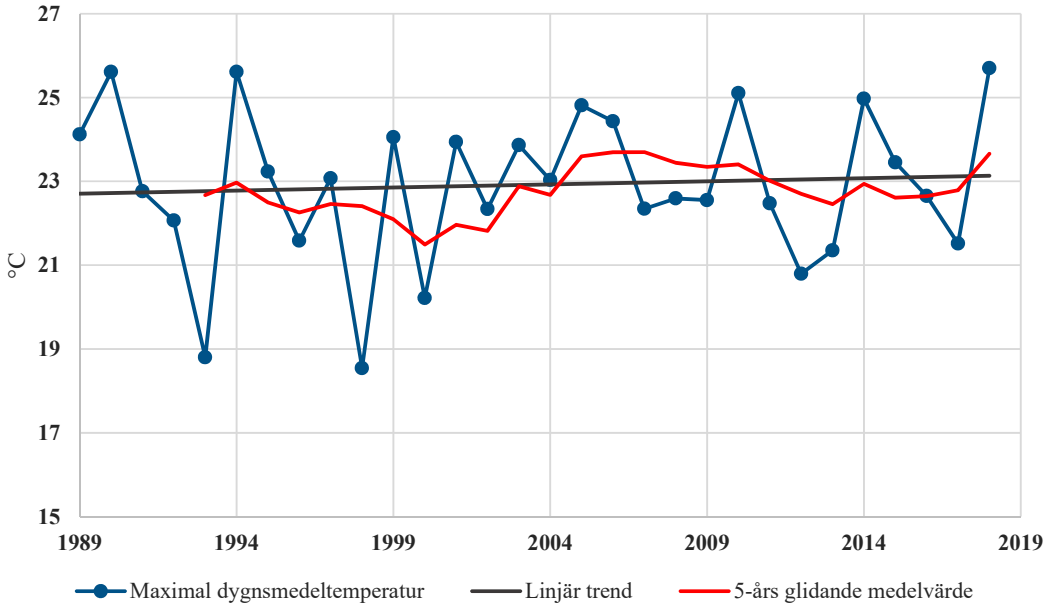
Resultaten från mätstationen i Observatorielunden visar alltså att både den maximala dygnstemperaturen och den maximala dygnsmedeltemperaturen och har ökat under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden 1961–1990. Detta skulle i sin tur tyda på att antalet varma dygn är fler i ”nya” referensperioden jämfört med den nuvarande.



Figur 17. *Maximal dygnsmedeltemperatur, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Högdalen

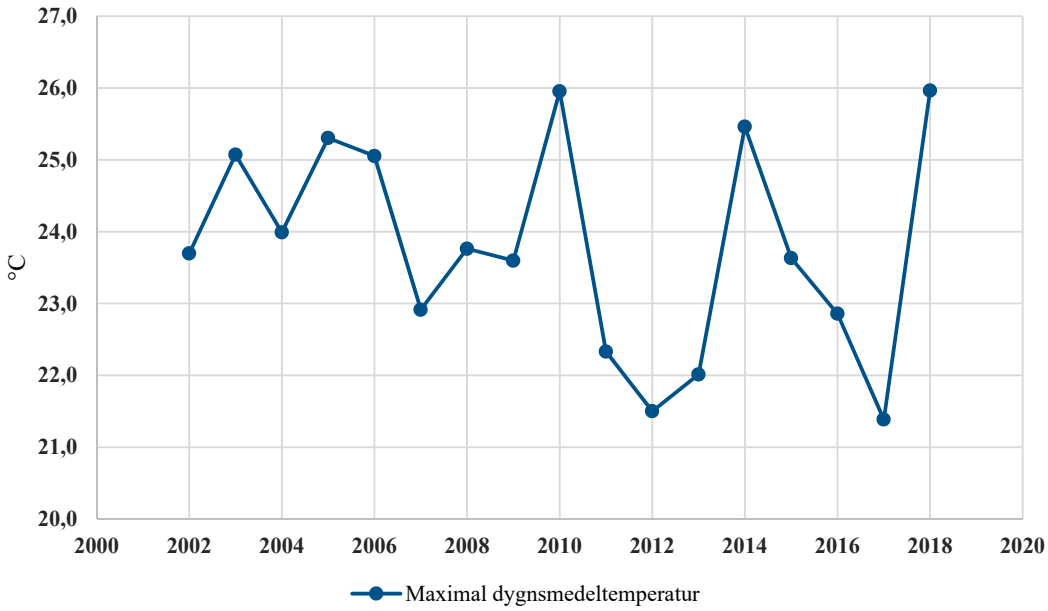
Figur 18 redovisar maximal dygnsmedeltemperatur per år mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Under perioden 1991–2018 var den maximala dygnsmedeltemperaturen i genomsnitt 22,8°C. Detta är 1,1°C grader lägre än samma period för Observatorielunden. Även i detta fall skulle temperaturskillnaden mellan Högdalen och Observatorielunden kunna bero på den urbana värmeö-effekten i innerstan. Tidsserien från Högdalen påvisar en svagt ökande trend mellan år 1989 och 2018. Dock sträcker den sig inte så långt bakåt i tiden att man kan jämföra med referensperioden. Den 26:e juli år 2018 inträffade tidsseriens högsta dygnsmedeltemperatur, med 25,7°C.



Figur 18. *Maximal dygnsmedeltemperatur, linjär trend samt 5-års glidande medelvärde mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen.*

Torkel

Figur 19 redovisar maximal dygnsmedeltemperatur per år mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. År 2010 och 2018 registrerades tidsseriens högsta maximala dygnsmedeltemperatur, 26,0°C, medan det för 2017 endast var 21,4°C. Skillnaderna kan alltså vara stora från år till år. Medelvärdet för den maximala dygnsmedeltemperaturen var 23,8°C under åren 2002–2018, vilket är 0,6°C högre än motsvarande värde för Högdalen. Denna skillnad beror troligen också på den urbana värmeö-effekten.



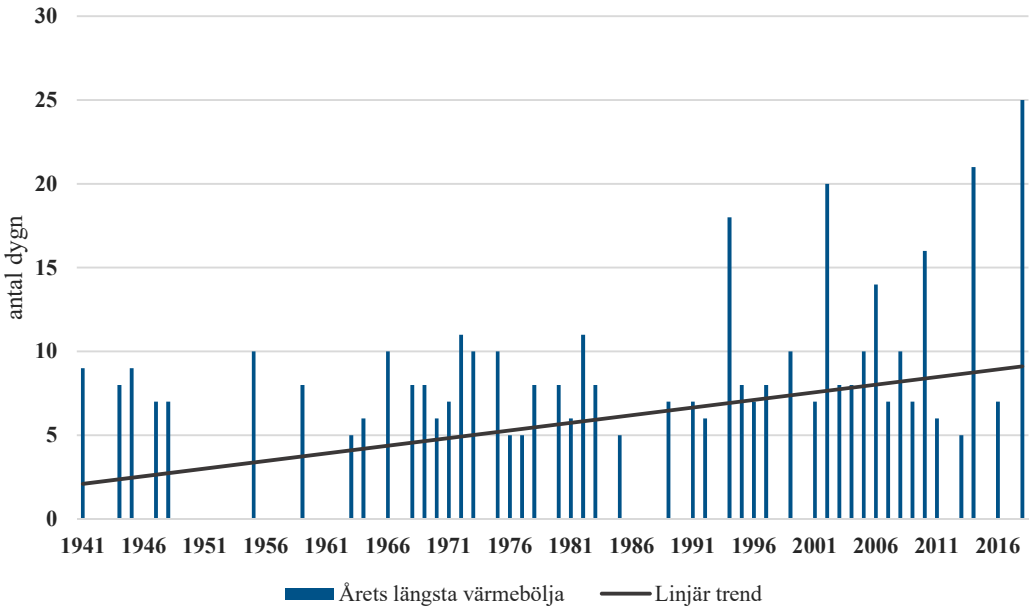
Figur 19. *Maximal dygnsmedeltemperatur mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel.*

Värmeböljor

Denna indikator redovisar varje års längsta värmebölja. Begreppet värmebölja kan definieras på olika sätt och det finns ingen internationell standard eftersom definitionen behöver variera beroende på det lokala klimatet och hur vanligt det är med mycket varma perioder. I denna utredning användes SMHI:s definition ”en sammanhängande period då dygnets högsta temperatur är minst 25,0°C minst fem dagar i sträck” [21]. Eftersom temperaturen enligt definitionen ska avrundas till tiondelsgrad innebär det att små variationer i uppmätt temperatur mellan de olika mätstationerna kan leda till stora variationer för en värmeböljas registrerade längd stationerna emellan. Indikatorn baseras på dygnsmaxvärden beräknade utifrån timmedelvärden för mätstationerna Högdalen och Torkel samt på dygnsmaxvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses temperaturdygnet, som sträcker sig mellan klockan 19:00 och 19:00 svensk tid [12].

Observatorielunden

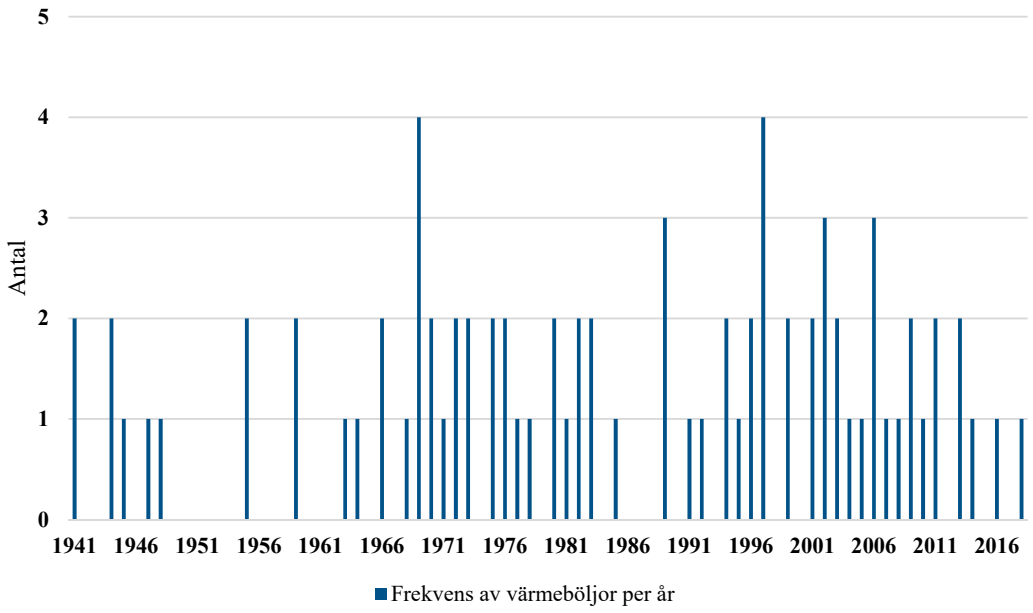
Figur 20 redovisar antalet dygn i respektive års längsta värmebölja mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Värmeböljor inträffar inte varje år och när de inträffar varierar längden och även antalet per år. Under hela perioden 1941–2018 varade årets längsta värmebölja i genomsnitt 5,6 dygn. För referensperioden 1961–1990 varade årets längsta värmebölja 4,8 dygn (kortare än fem dygn eftersom somliga år saknar värmebölja). Detta kan jämföras med ett medelvärde på 8,4 dygn under perioden 1991–2018, en ökning med 3,6 dygn vilket motsvarar 75 %. År 2018 uppmättes den längsta värmebölja som registrerats åren 1941–2018, den uppgick till 25 dygn och pågick mellan den 12:e juli och 5:e augusti.



Figur 20. *Antal dagar i respektive års längsta värmebölja samt linjär trend mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Av figuren framgår att värmeböljor inte inträffar varje år.*

Det finns en tendens att det blivit vanligare att åtminstone en värmebölja inträffar årligen. Under referensperiodens 1961–1990 inträffade minst en värmebölja under 19 av 30 år, vilket utgör 63 %. Under perioden 1991–2018 inträffade minst en värmebölja under 22 av 28 år, vilket motsvarar 78 % av åren.

Under de år då värmeböljor inträffar går trenden mot färre men längre värmeböljor (se Figur 21). Flera korta värmeböljor ”växer ihop” till en lång. Bland de år under perioden 1991–2018 då värmeböljor inträffade minskade frekvensen av värmeböljorna (antal per år) med 3 % jämfört med referensperioden år 1961–1990.

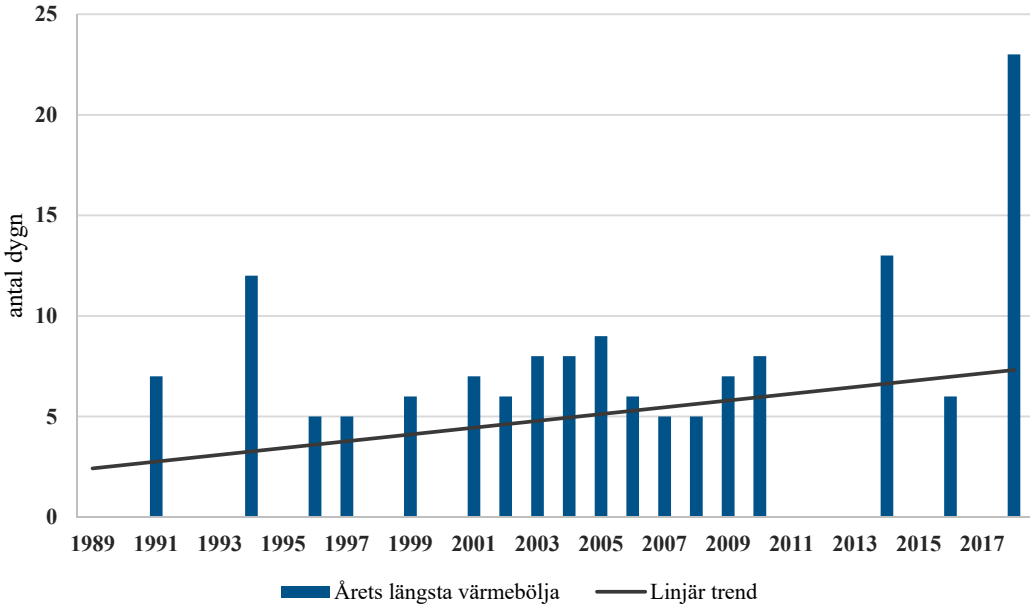


Figur 21. *Frekvens av värmeböljor i antal per år för Observatorielunden.*

Högdalen

Figur 22 redovisar antalet dygn i respektive års längsta värmebölja mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Under perioden 1991–2018 varade årets längsta värmebölja i genomsnitt 5 dygn, vilket är 3,4 dygn kortare än motsvarande period för Observatorielunden. Även här utgör troligen den urbana värmeö-effekten den främsta förklaringen till skillnaden.

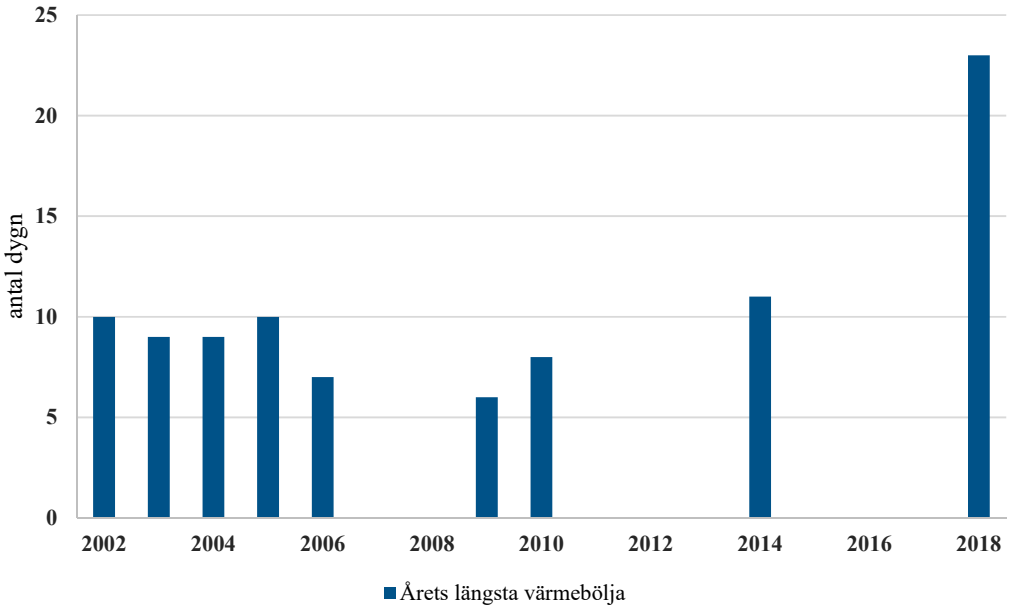
Tidsseriens längsta värmebölja inträffade år 2018 mellan 13:e juli och 4:e augusti och uppgick till 23 dygn. Tendensen att det, under de år då värmeböljor inträffar, går mot färre men längre värmeböljor syns även i data från Högdalen. För mätserien från Högdalen påverkas trendlinjens ökning för årets längsta värmebölja relativt mycket av rekordsommaren 2018.



Figur 22. *Antal dagar i respektive års längsta värmebölja samt linjär trend mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen.*

Torkel

Figur 23 redovisar antalet dygn i respektive års längsta värmebölja mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. År 2018 utmärker sig med tidsseriens längsta värmebölja som varade i 23 dygn, mellan 13:e juli och 4:e augusti (samma som för Högdalen). Detta kan jämföras med Observatorielunden, där den längsta värmeböljan uppgick till 25 dygn år 2018.



Figur 23. *Antal dagar i respektive års längsta värmebölja mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel.*

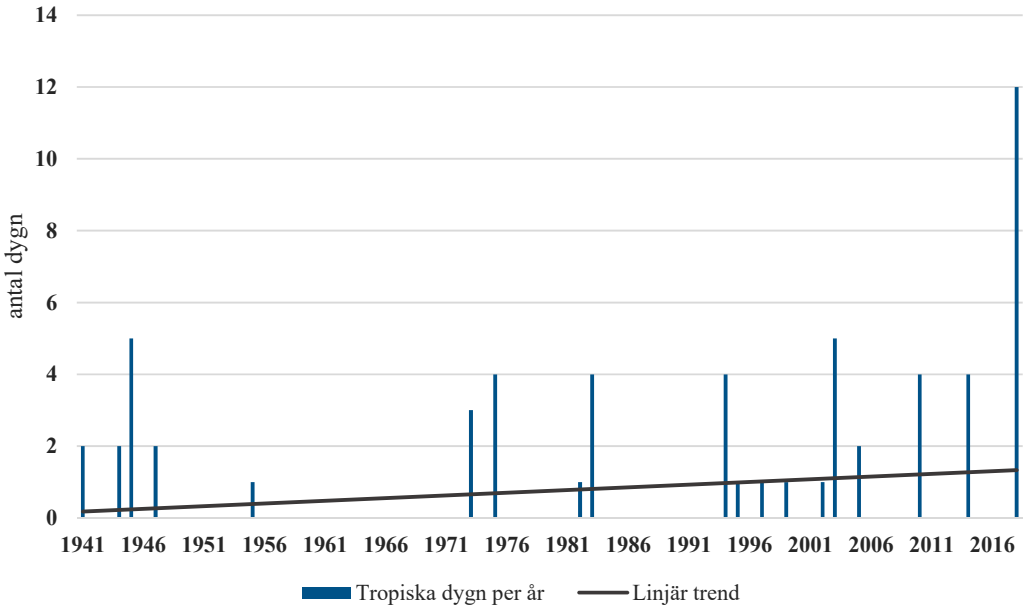
Tropiska dygn

Indikatorn redovisar antal dygn då minimitemperaturen inte understiger 20°C, enligt SMHI:s definition av tropiska dygn [22]. Skillnaden mellan ett tropiskt dygn och en tropisk natt är att under en tropisk natt ska minimitemperaturen på natten inte understiga 20°C. Eftersom dygnets lägsta temperatur oftast infaller nattetid så sammanfaller oftast tropiskt dygn och tropisk natt. SMHI använder oftast parametern tropiskt dygn på grund av att inte alla deras mätstationer mäter max- och minimitemperaturer morgon och kväll utan enbart kväll [23]. Därför har samma definition använts i denna studie. Indikatorn baseras på dygnsminvärden beräknade utifrån timmedelvärden för mätstationerna Högdalen och Torkel samt på dygnsminvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses temperaturdygnet, mellan klockan 19:00 och 19:00 svensk tid [12].

Observatorielunden

Figur 24 redovisar antalet tropiska dygn per år mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Likt värmeböljor inträffar inte tropiska dygn varje år och antalet varierar från år till år. Ofta går tropiska dygn hand i hand med värmeböljor, men ett tropiskt dygn kan inträffa även utan att det är värmebölja och vise versa.

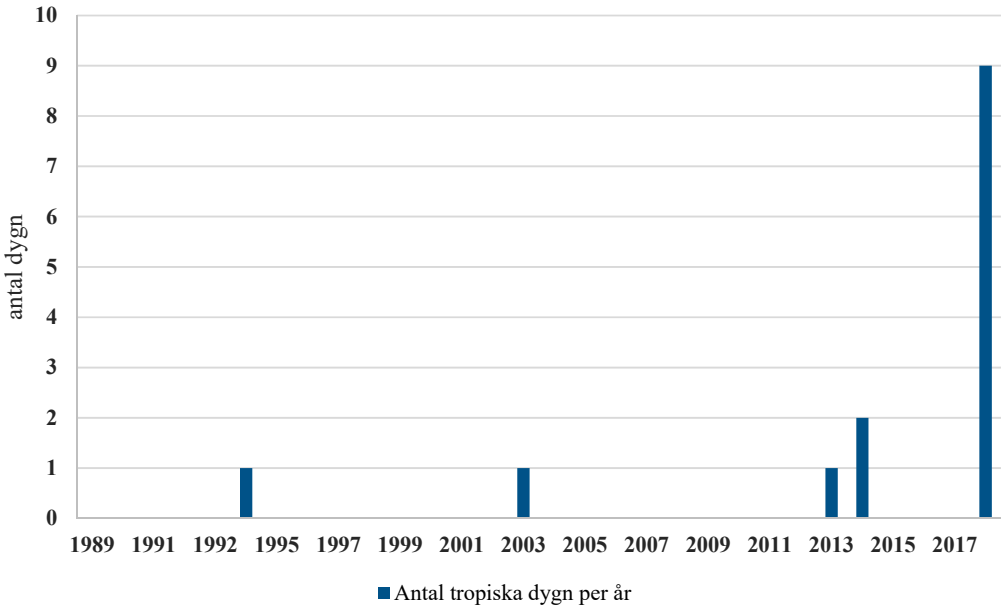
Under perioden 1941–2018 inträffade i genomsnitt 0,8 tropiska dygn per år (mindre än ett eftersom somliga år saknar tropiska dygn). Under referensperioden 1961–1990 inträffade i genomsnitt 0,4 tropiska dygn per år, vilket kan jämföras med 1,25 tropiska dygn under perioden 1991–2018, en ökning med 0,85 vilket motsvarar 213 %. År 2018 inträffade med råge flest tropiska dygn i tidsserien, 12 st. Det året är den främsta anledningen till den stora ökningen mellan perioden 1991–2018 och referensperioden 1961–1990. Detta kan jämföras med år 2003 då näst flest tropiska dygn uppmättes år, 5 st. Den 2:a augusti 2018 uppmättes årets högsta minimitemperatur under ett dygn, 22,8°C. Under juli år 2018 uppmättes även den högsta månadsmedeltemperaturen någonsin i Stockholm [24].



Figur 24. *Antal tropiska dygn respektive år samt linjär trend mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Högdalen

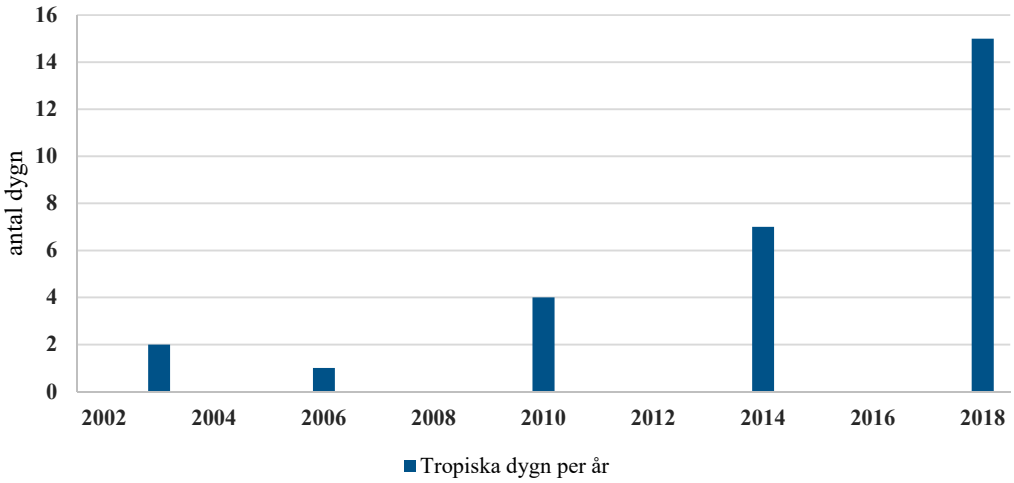
Figur 25 redovisar antalet tropiska dygn per år mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Diagrammet visar att tropiska dygn har inträffat endast ett fåtal år i tidsserien för Högdalen. Under perioden 1991–2018 inträffade 0,5 tropiska dygn i genomsnitt, vilket är 0,75 dygn lägre än samma period för Observatorielunden. Även för denna mätstation ser man att 2018 var ett extremt år, med i särklass flest tropiska dygn, 9 st. Detta kan jämföras med året då näst flest tropiska dygn uppmättes, år 2014 som hade 2 st.



Figur 25. *Antal tropiska dygn per år mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen.*

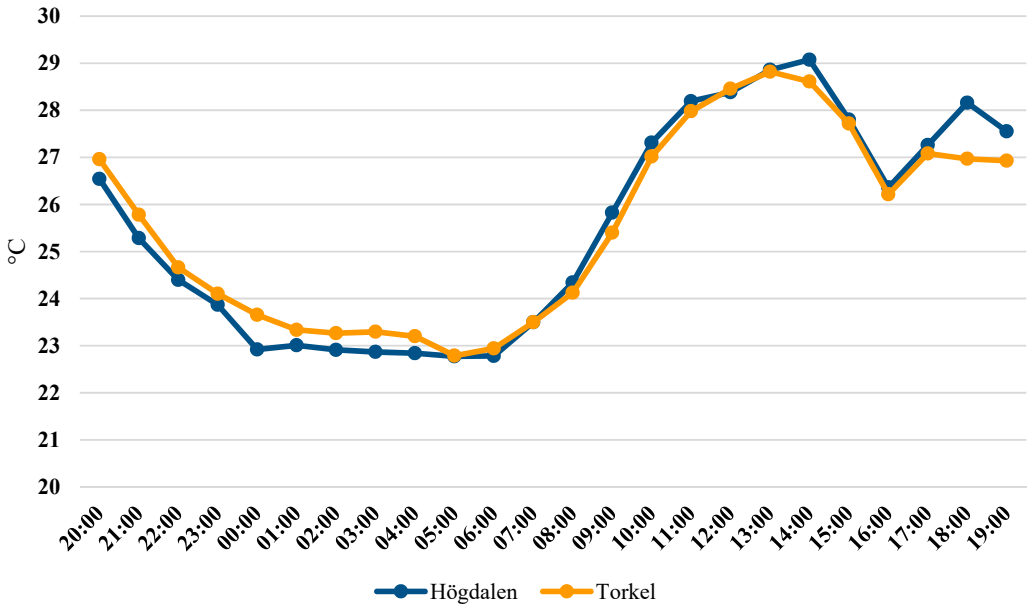
Torkel

Figur 26 redovisar antalet tropiska dygn per år mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. Även här har tropiska dygn inträffat endast ett fåtal år. År 2018 sticker ut som året i tidsserien med klart flest tropiska dygn även för denna mätstation, 15 st. Noterbart är att detta är 3 dygn fler än för Observatorielunden samma år. År 2014 inträffade näst flest tropiska dygn vid Torkel, 7 st.



Figur 26. *Antal tropiska dygn per år mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel.*

Figur 27 redovisar variationen hos timmedeltemperaturen under temperaturdygnet den 2:a augusti 2018 för mätstationerna Torkel och Högdalen. Detta var det dygn under värmeböljan 2018 som dygnsminimitemperaturen var som högst på de båda stationerna. Temperaturen är mycket lika för de två stationerna men Högdalen är något svalare under natten. Dygnsminimitemperaturen 22,8°C uppmättes kl. 05 för båda mätstationerna. Dygnsmaxtemperaturen inträffade kl. 13 för mätstationen Torkel, och uppgick till 28,8°C. För mätstationen Högdalen skedde det kl. 14 och uppgick då till 29,1°C. Temperaturen sjunker sedan vid båda mätstationerna. Analys av satellitbilder från detta tillfälle visar att temperaturminskningen beror på tillväxten av ett lokalt åskoväder [25]. Den uppmätta temperaturskillnaden mellan Torkel och Högdalen kl. 17 till 19 bedöms till stor del bero på lokala variationer i det åskovädret, till exempel i molnighetens utbredning.



Figur 27. *Variationen hos timmedeltemperaturen under temperaturdygnet den 2:a augusti 2018 på mätstationerna Torkel och Högdalen.*

Växtsäsong (Vegetationsperiod)

Växtsäsongen brukar definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett visst gränsvärde. Växtsäsong kallas även för vegetationsperiod, i denna rapport har vi valt att använda begreppet växtsäsong. SMHI använder vanligen följande definition på växtsäsong (vegetationsperiod), där den är definierad som skillnaden mellan sluttidpunkt och starttidpunkt. ”Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Sluttidpunkt är sista dagen i årets sista fyradagarsperiod med dygnsmedeltemperatur över 5°C.” [26]

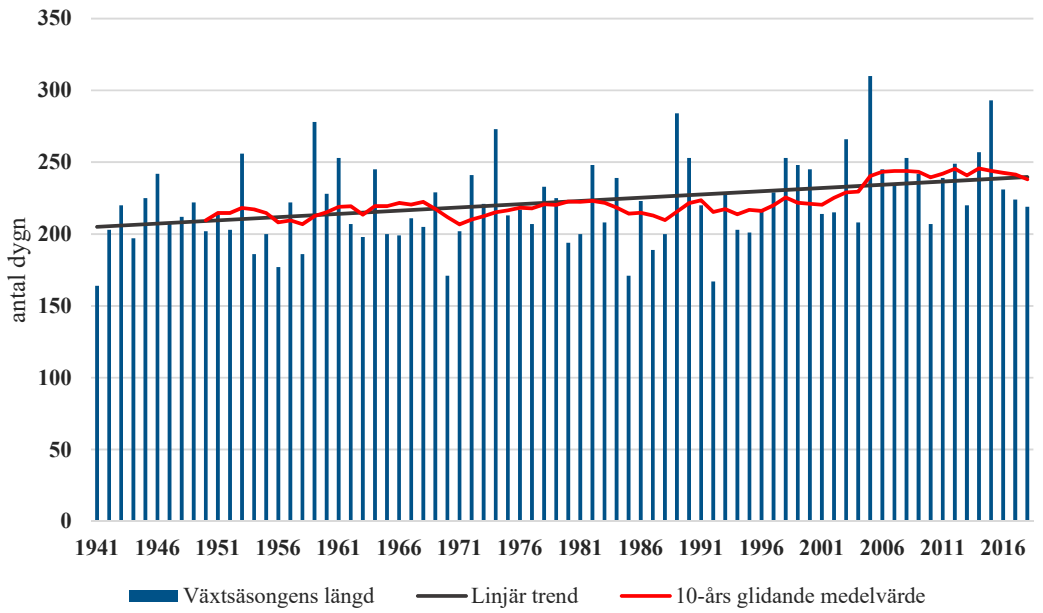
Denna indikator baseras på dygnsmedelvärden beräknade utifrån timmedelvärden för mätstationerna Högdalen och Torkel samt på dygnsmedelvärden framtagna av SMHI för Observatorielunden. För denna indikator avses dygnet som sträcker sig mellan klockan 00:00 och 00:00 UTC [7].

Enligt SMHI är denna indikator viktig för att se hur klimatet förändras [**Fel! Hittar inte referenskälla.**]. Växt- och djurlivet samt naturen i stort påverkas tydligt av växtsäsongens längd. Jordbruket är mycket beroende av längden på växtsäsongen eftersom den kontrollerar hur lång odlingssäsongen kan vara. Förändringar i växtsäsongens längd är därför viktiga att känna till och det är bland annat därför som denna indikator är av intresse. Det är även av stort intresse att övervaka förändringar i växtsäsongen start- och slutpunkt samt växtsäsongens geografiska spridning [**Fel! Hittar inte referenskälla.**].

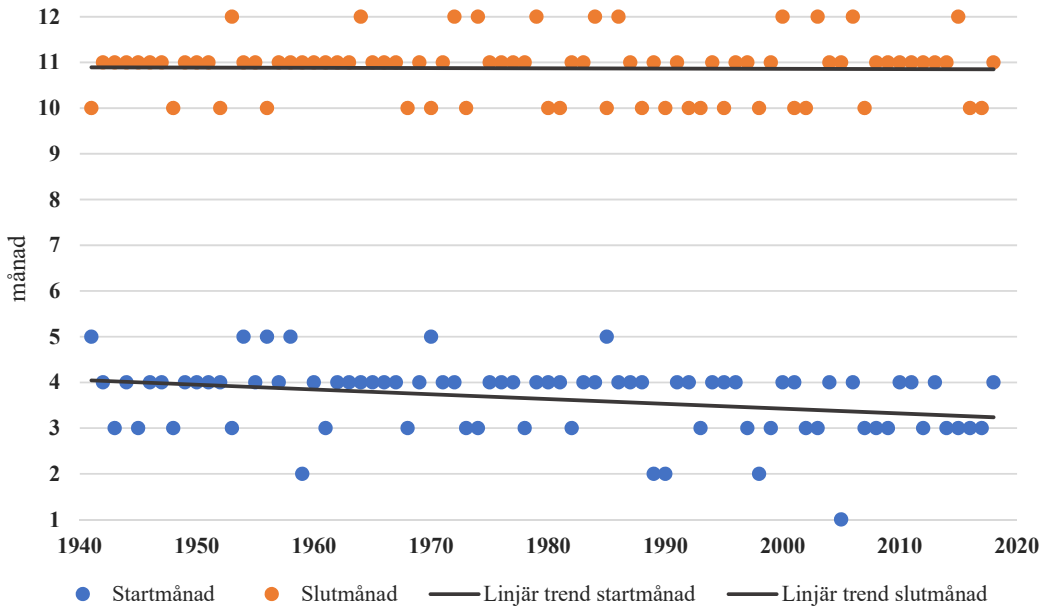
Observatorielunden

Figur 28 redovisar växtsäsongens längd per år mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Växtsäsongens längd varierar relativt mycket från år till år. Tidsseriens kortaste växtsäsong var år 1941, då den endast varade i 164 dygn. Tidsseriens längsta växtsäsong var år 2005, 310 dygn. Under hela perioden 1941–2018 varade växtsäsongen i genomsnitt 222 dygn per år. Under referensperioden 1961–1990 varade den i genomsnitt 219 dygn per år. Detta kan jämföras med 233 dygn per år under perioden 1991–2018, en ökning med 14 dygn, vilket motsvarar 7 %.

Ökningen av växtsäsongens längd beror främst på att den börjar tidigare på året. Från att oftast ha börjat i april under referensperioden 1961–1990, till att börja i mars lika ofta som april under perioden 1991–2018. Slutet av vegetationsperioden skiljer endast några få dagar i genomsnitt mellan referensperioden 1961–1990 och perioden 1990–2018 (se Figur 29).



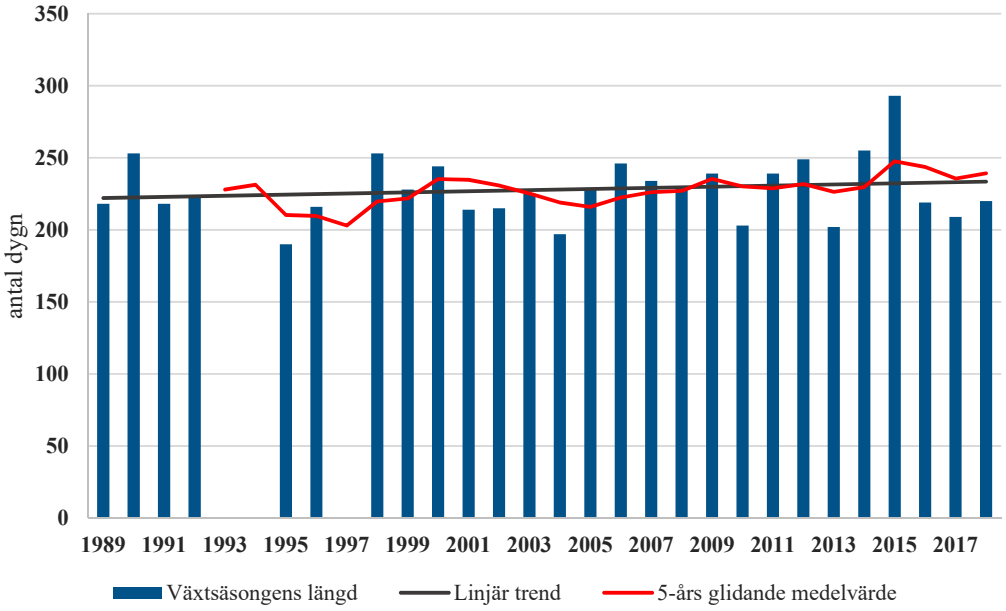
Figur 28. *Antal dagar i respektive års växtsäsong, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*



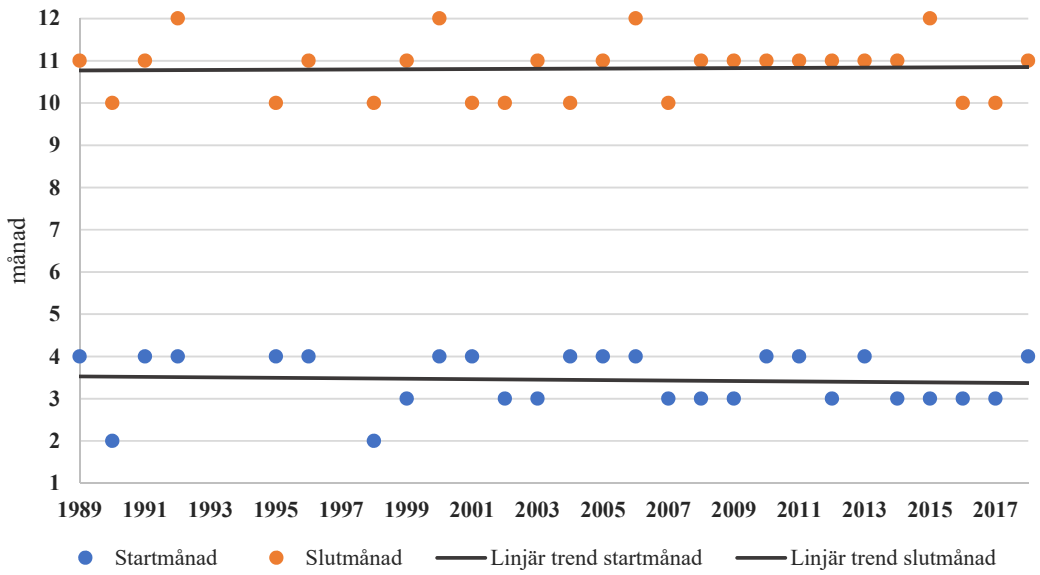
Figur 29. *Start- respektive slutmånad samt linjär trend för växtsäsongen respektive år mellan åren 1941 och 2018 för mätstation Observatorielunden.*

Högdalen

Figur 30 redovisar växtsäsongens längd per år mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. Under perioden 1991–2018 varade vegetationsperioden i genomsnitt 228 dygn per år, vilket kan jämföras med 233 dygn under samma period för Observatorielunden. Tidsseriens kortaste växtsäsong inträffade 1995, då den varade 190 dygn. År 2015 var tidsseriens längsta växtsäsong, 293 dygn. Trenden att ökningen av växtsäsongens längd sker främst på grund av att den startat tidigare syns även i Högdalen (se Figur 31). Den är dock inte lika tydlig som för Observatorielunden, vilket skulle kunna förklaras av att tidsserien är kortare. Variationen av växtsäsongens slut är även i detta fall liten, med en svag tendens till att sluta något senare i slutet av perioden 1989–2018.



Figur 30. *Antal dagar i respektive års växtsäsong, linjär trend samt 5-års glidande medelvärde mellan åren 1989 och 2018 för mätstationen Högdalen. På grund av databortfall år 1993, 1994 och 1997 har växtsäsongen inte beräknats för de åren.*

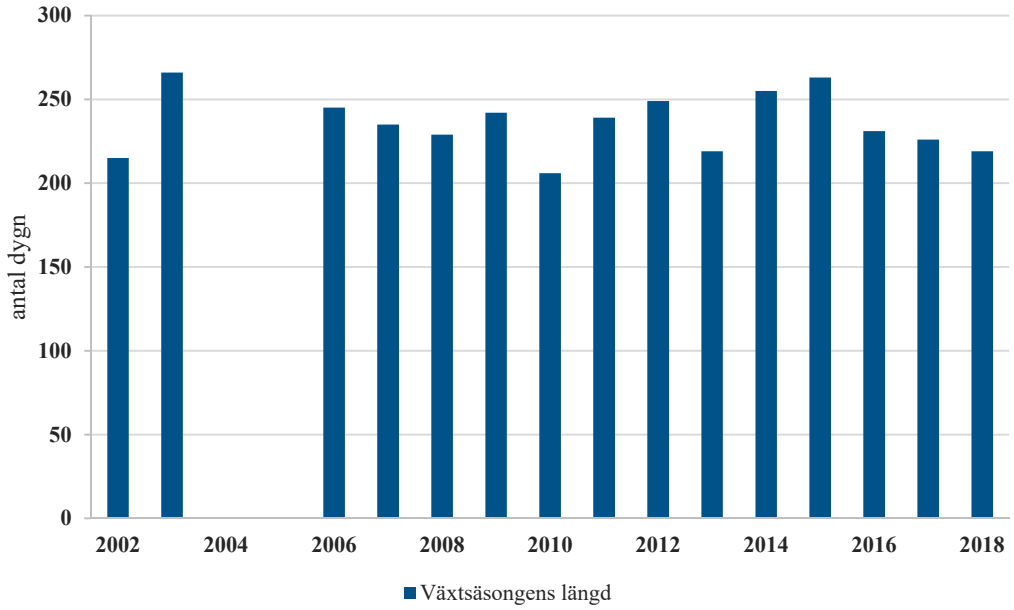


Figur 31. *Start- respektive slutmånad samt linjär trend för växtsäsongen respektive år mellan 1989 och 2018 för mätstation Högdalen. På grund av databortfall år 1993, 1994 och 1997 har växtsäsongens start- och slutpunkt inte beräknats för de åren.*

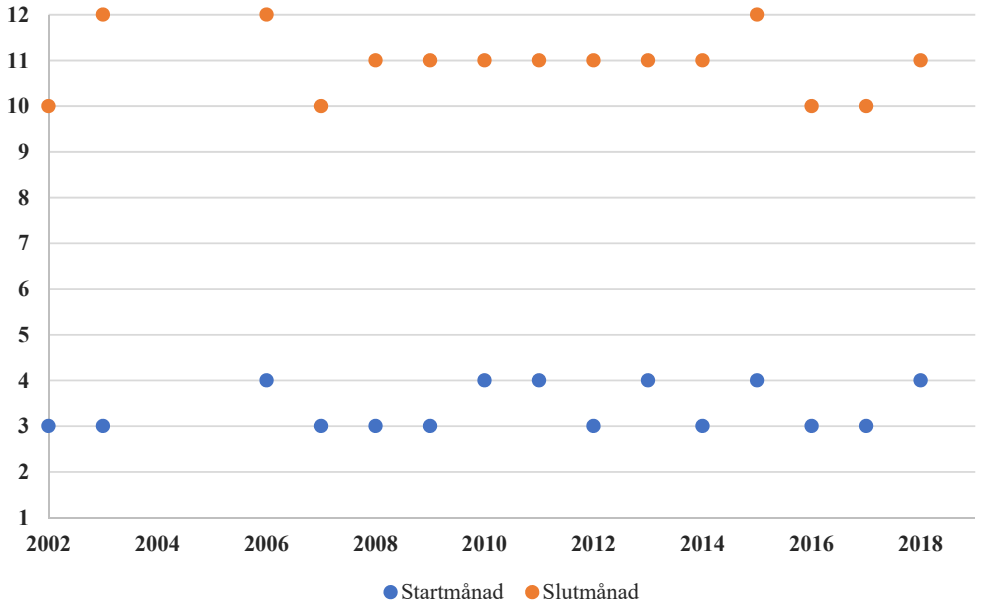
Torkel

Figur 32 redovisar växtsäsongens längd per år mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. Under denna period varade växtsäsongen i genomsnitt 236 dygn per år, vilket kan jämföras med 230 dygn under samma period för mätstationen Högdalen. Tidsseriens kortaste växtsäsong var år 2010, då den varade 206 dygn. Tidsseriens längsta växtsäsong var år 2003, med 266 dygn.

Tidsserien från Torkel är relativt kort, dessutom saknas åren 2004 och 2005 på grund av databortfall, vilket innebär att det inte är relevant att analysera eventuella trender, eller försöka dra några slutsatser. Men i likhet med de övriga mätstationerna redovisas start- och slutmånad även för denna mätstation, dock utan trendlinjer inlagda i diagrammet (se Figur 33).



Figur 32. *Antal dagar i respektive års växtsäsong mellan åren 2002 och 2018 för mätstationen Torkel. På grund av databortfall åren 2004–2005 har växtsäsongen inte beräknats för de åren.*



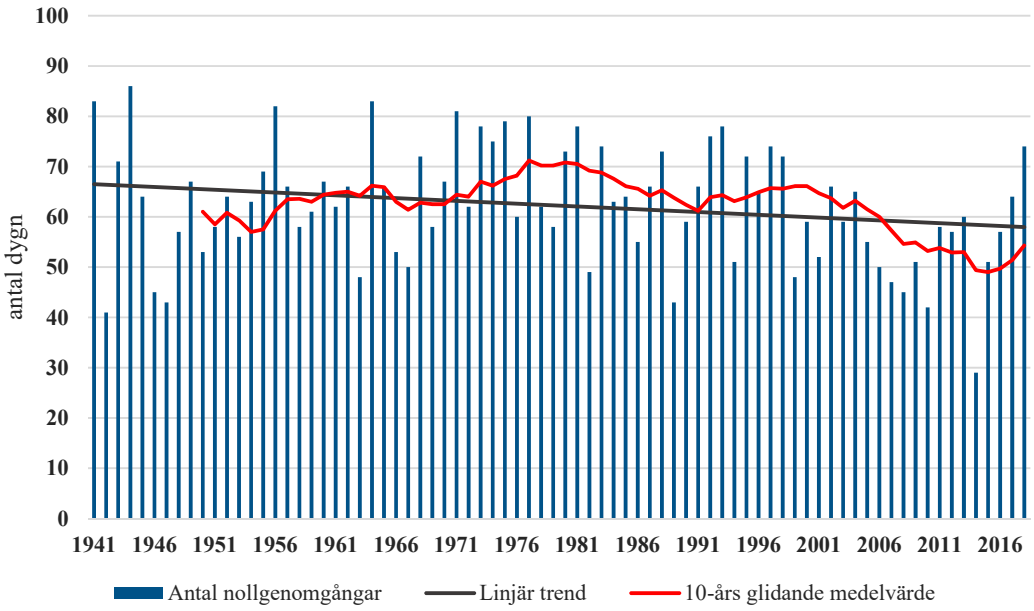
Figur 33. *Start- respektive slutmånad för växtsäsongen respektive år mellan 2002 och 2018 för mätstation Torkel. På grund av databortfall åren 2004–2005 har växtsäsongens start- och slutpunkt inte beräknats för de åren. Tidsserien innehåller för få mätdata för att kunna analysera eventuella trender.*

Nollgenomgångar

Nollgenomgångar definieras av SMHI som antalet dygn då dygnets högsta temperatur, uppmätt två meter över marken, är över 0°C under samma dygn som dygnets lägsta temperatur varit under 0°C. På grund av definitionen används endast temperaturdata från mätstationen Observatorielunden för denna indikator, eftersom mätstationerna vid Högdalen och Torkel är placerade på högre höjd än 2 meter över marken. För denna indikator avses temperaturdygnet, som sträcker sig mellan klockan 19:00 och 19:00 svensk tid. Indikatorn nollgenomgångar är enligt SMHI viktig eftersom frekventa temperaturväxlingar runt 0°C kan få konsekvenser för till exempel väghållningen. Risken för halka ökar med hög frekvens av nollgenomgångar. Även jordbruket påverkas av att temperaturen pendlar runt 0°C [13].

Observatorielunden

Figur 34 redovisar antalet nollgenomgångar per år mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden. Under perioden 1941–2018 var medelvärdet av antalet nollgenomgångar 62 st. per år. Under referensperioden 1961–1990 inträffade i genomsnitt 65 nollgenomgångar per år. Detta kan jämföras med 59 st. per år under perioden 1991–2018, en minskning med 8 dygn, vilket motsvarar 11 %. Antalet nollgenomgångar har alltså blivit färre i Stockholm i takt med att medeltemperaturen har ökat. År 2014 registrerades det lägsta värdet 29 nollgenomgångar, medan det som mest varit 86 st. vilket skedde 1944.



Figur 34. *Antal nollgenomgångar respektive år, linjär trend samt 10-års glidande medelvärde mellan åren 1941 och 2018 för mätstationen Observatorielunden.*

Temperatur i framtidens klimat

Det är även intressant att blicka framåt och undersöka prognoser för framtida klimat i relation till klimatindikatorerna som tagits fram i denna rapport.

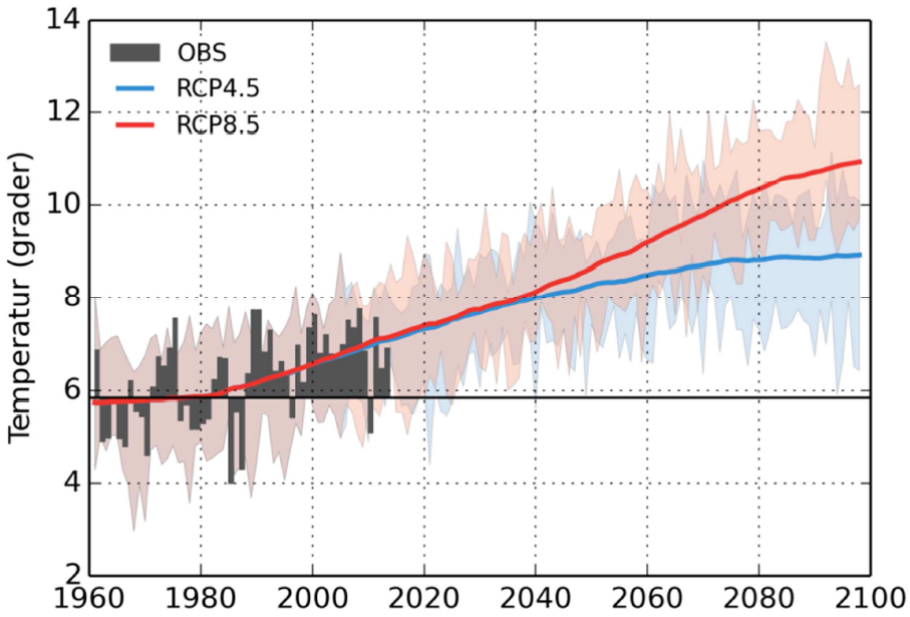
År 2013 presenterade FN:s klimatpanel IPCC en rapport om framtidens klimat i vilket de tagit fram fyra möjliga scenarier för utvecklingen av en mängd klimatrelaterade parametrar. Dessa möjliga utvecklingsscenarier kallas RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways) och beskriver hur växthuseffekten förändras och utvecklas fram till år 2100 beroende på utsläppsnivå av växthusgaser [26].

SMHI har, på uppdrag av Sveriges regering, tagit fram länsvisa klimatscenarier för Sverige baserade på två av RCP-scenarierna, de så kallade RCP4.5 och RCP8.5 [26]. RPC4.5 är ett så kallat stabiliseringsscenario som bygger på att utsläppen av växthusgaser begränsas fram till år 2100 (med kulmen år 2040) och RCP8.5 är ett scenario med mycket höga utsläpp av växthusgaser fram till år 2100.

Klimatindikatorerna framtagna i denna rapport för Stockholm stad återfinns till viss bland SMHI:s klimatscenarier för Stockholms län, se rapport i referenslistan.

Årsmedeltemperatur

Årsmedeltemperaturen är en av de parametrar som modellerats i SMHI:s klimatscenarier för Stockholms län [26]. För referensperioden 1961–1990 var årsmedeltemperaturen för hela Stockholms län 5,8°C. Enligt prognoserna väntas årsmedeltemperaturen stiga till slutet av seklet, med 3 respektive 5 grader i RCP4.5 och RCP8.5 (se Figur 35).

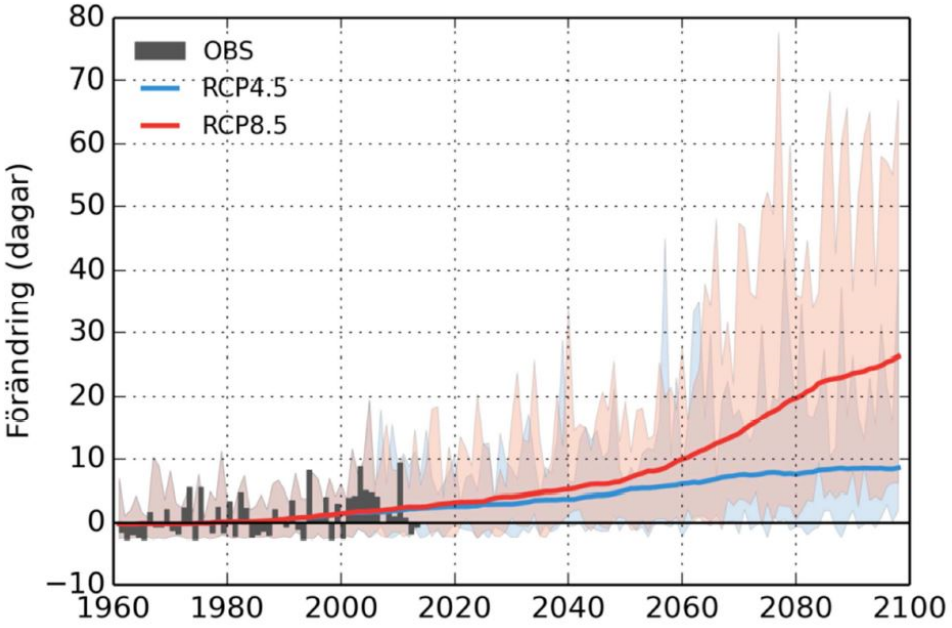


Figur 35. *SMHI:s klimatmodellering för förändringen av årsmedeltemperaturen i Stockholms län för två olika utsläppsscenarier (RCP), till år 2100 [26]. Svarta staplar visar observerad årsmedeltemperatur för länet, som avvikelser från medelvärdet för referensperioden 1961–1990, som var 5,8°C. Skuggor visar naturlig mellanårsvariation i framtiden för de två RCP-scenarierna.*

Värmeböljor

Även framtida värmeböljor har undersökts i SMHI:s klimatanalys, dock med en annan definition än vad som använts för indikatorn framtagen i denna rapport [26]. I SMHI:s klimatanalys definieras en värmebölja som årets längsta sammanhängande period med en dygnsmedeltemperatur över 20°C.

Figur 36 visar förändring av antalet dagar i årets längsta värmebölja i förhållande till medelvärdet för referensperioden 1961–1990. Medelvärdet för referensperioden 1961–1990 var 3 dagar med värmeböljor i Stockholms län. Resultatet av prognoserna visar att längden på värmeböljor beräknas öka, framförallt i RCP8.5, där längden ökar till i genomsnitt ca 25 dagar i slutet av seklet. I RCP4.5 beräknas värmeböljornas längd till ca 10 dagar (se Figur 36). Tendensen att värmeböljorna blir längre syntes även i indikatorn framtagen i denna rapport för Stockholms stad. Man kan alltså konstatera att den extrema värmebölja som Stockholm hade 2018, kommer inträffa i stort sett årligen år 2100 för RCP8.5.

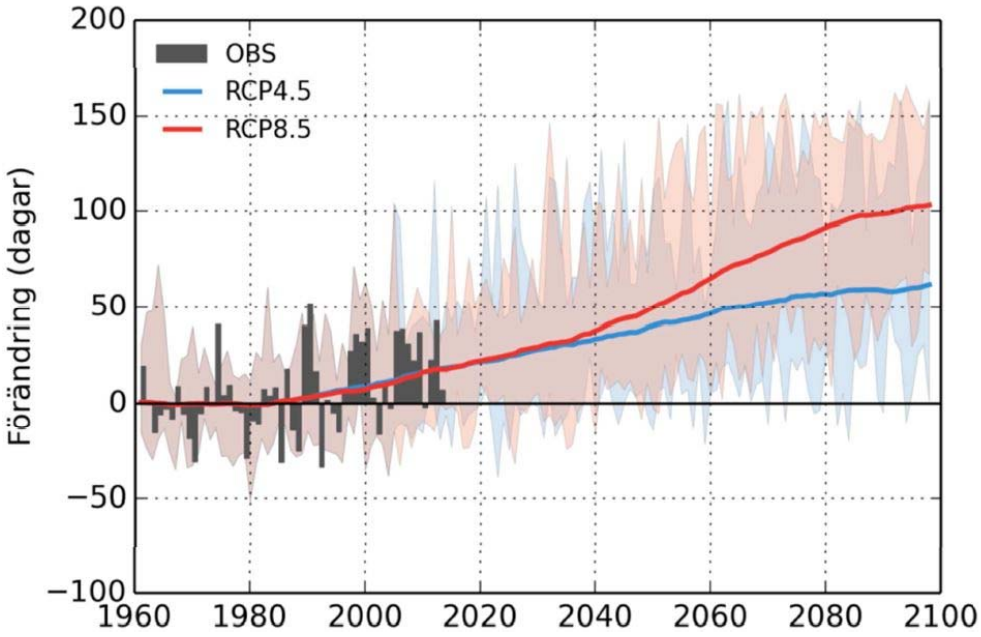


Figur 36. *SMHI:s klimatmodellering för förändringen av värmeböljors längd i Stockholms län för två olika utsläppsscenarier (RCP), till år 2100 [26]. Svarta staplar visar observerat antal dagar med värmebölja för länet, som avvikelser från medelvärdet för referensperioden 1961–1990, vilket var 3 dagar. Skuggor visar naturlig mellanårsvariation i framtiden för de två RCP-scenarierna.*

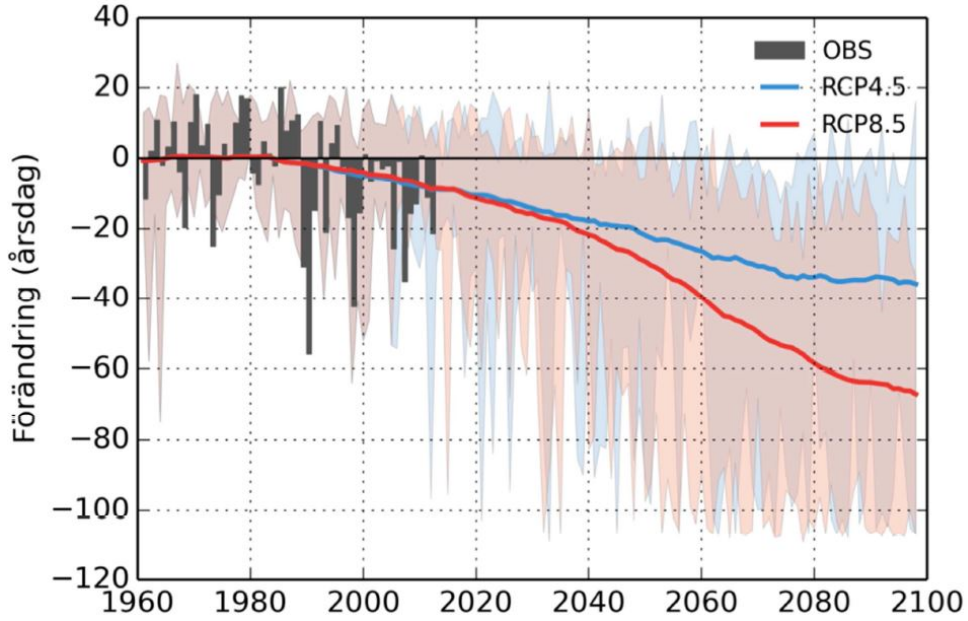
Växtsäsongens längd och startpunkt

Prognoser har även gjorts för växtsäsongens längd och startpunkt [26]. I SMHI:s rapport används dock begreppet vegetationsperiod istället för växtsäsong, men begreppen är synonyma. För referensperioden 1961–1990 i Stockholms län var medelvärdet för växtsäsongens längd 201 dygn. Enligt prognoserna blir växtsäsongen i Stockholms län längre i både RCP4.5 och RCP8.5, 60 respektive 100 dagar i slutet av seklet (se Figur 37). Medelvärdet för växtsäsongens starttid för referensperioden 1961–1990 var dagnummer 106, vilket motsvarar mitten av april. Enligt prognosen kommer växtsäsongens starttid inträffa tidigare i både RCP4.5 och RCP8.5, 35 respektive 70 dagar (se Figur 38). Trenden

att växtsäsongens start påverkas mest av klimatförändringarna, så som resultatet för klimatindikatorn i denna rapport för Stockholms stad antyder, syns även i SMHI:s prognoser.



Figur 37. *SMHI:s klimatmodellering för förändringen av växtsäsongens längd i Stockholms län för två olika utsläppsscenarier (RCP), till år 2100 [26]. Svarta staplar visar observerade avvikelser från medelvärdet för referensperioden 1961–1990, som var 201 dagar. Skuggor visar naturlig mellanårsvariation i framtiden för de två RCP-scenarierna.*



Figur 38. *SMHI:s klimatmodellering för förändringen av växtsäsongens starttidpunkt i Stockholms län för två olika utsläppsscenarier (RCP), till år 2100 [26]. Svarta staplar visar observerade avvikelser från medelvärdet för referensperioden 1961–1990, som var mitten av april (dagnummer 106). Skuggor visar naturlig mellanårsvariation i framtiden.*

Sammanfattande resultat och slutsatser

- Årsmedeltemperaturen för mätstationen Observatorielunden var 6,6°C under referensperioden 1961–1990 och 7,7°C under perioden 1991–2018. Den genomsnittliga årsmedeltemperaturen var alltså 1,1°C högre under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden.

- Antalet högsommardagar för mätstationen Observatorielunden var 16 dagar per år för referensperioden 1961–1990 och 23 dagar per år under perioden 1991–2018. Det genomsnittliga antalet högsommardagar per år var således 7 dygn fler under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden, motsvarande en ökning med 43 %.

- Antalet frostdagar för mätstationen Observatorielunden var 116 dagar per år för referensperioden 1961–1990 och 95 dagar under perioden 1991–2018. Det genomsnittliga antalet frostdagar per år var alltså 21 dygn färre perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden, motsvarande en minskning med 18 %.

- Den maximala dygnstemperaturen för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 29,8°C under referensperioden 1961–1990 och 30,5°C under perioden 1991–2018. Detta utgör en ökning av den genomsnittliga maximala dygnstemperaturen med 0,7°C under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden.

- Under perioden 1991–2018 var den maximala dygnstemperaturen i genomsnitt 1,9°C lägre för mätstationen Högdalen jämfört med Observatorielunden för samma period. För mätstationen Högdalen uppmättes den genomsnittliga maximala dygnstemperaturen till 28,6°C, jämfört med Observatorielundens 30,5°C under samma period. Detta är troligtvis ett resultat av den urbana värmeö-effekten i innerstans tätbebyggda miljö.

- Den maximala dygnsmedeltemperaturen för mätstationen Observatorielunden var 23,0°C under referensperioden 1961–1990 och 23,9°C under perioden 1991–2018. Detta utgör en ökning med 0,9°C under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden. Skillnaden mellan perioden 1991–2018 och referensperioden är alltså något större för den maximala dygnsmedeltemperaturen jämfört med skillnaden i maximal dygnstemperatur.

- Det faktum att både den maximala dygnsmedeltemperaturen och maximala dygnstemperaturen har ökat under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden indikerar att antalet varmare dygn är fler i ”nya” referensperioden jämfört med nuvarande.

- Under perioden 1991–2018 var maximala dygnsmedeltemperaturen i genomsnitt 1,1°C lägre för mätstationen Högdalen jämfört med Observatorielunden för samma period. För mätstationen Högdalen uppmättes den genomsnittliga maximala dygnsmedeltemperaturen till 22,8°C och vid Observatorielunden uppmättes 23,9°C. Skillnaden mellan mätstationerna under perioden 1991–2018 är alltså mindre jämfört med skillnaden i maximal dygnstemperatur.

- Årets längsta värmebölja för mätstationen Observatorielunden varade i genomsnitt 4,8 dygn under referensperioden 1961–1990 och 8,4 dygn under perioden 1991–2018. Alltså varade årets längsta värmebölja i genomsnitt 3,6 dygn längre under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden, en ökning med 75 %.

- För mätstationen Observatorielunden uppmättes år 2018 den längsta värmebölja som registrerats under perioden 1941–2018, den uppgick till 25 dygn och pågick mellan den 12:e juli och 5:e augusti.

- Analysen av tidsserien från mätstationen Observatorielunden visar att det blivit vanligare att åtminstone en värmebölja inträffar årligen under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden 1961–1990.

- Under de år då värmeböljor inträffar för mätstationen Observatorielunden går trenden mot färre men längre värmeböljor under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden 1961–1990. Flera korta värmeböljor ”växer ihop” till en lång.

- Även för mätstationerna Högdalen och Torkel uppmättes respektive tidsseries längsta värmebölja under 2018, de uppgick till 23 dygn vid båda stationerna och pågick mellan den 13:e juli och 4:e augusti.

- Antalet tropiska dygn per år för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 0,4 st. under referensperioden 1961–1990 och 1,25 st. under perioden 1991–2018. Det genomsnittliga antalet tropiska dygn var alltså 0,85 dygn fler under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden.

- Antalet tropiska dygn år 2018 var anmärkningsvärt många för samtliga mätstationer; 12 st. för Observatorielunden och 9 st. för Högdalen och Torkel.

- Längden på växtsäsongen för mätstationen Observatorielunden var i genomsnitt 219 dygn per år under referensperioden 1961–1990 och 233 dygn per år under perioden 1991–2018. Den genomsnittliga längden på växtsäsongen var således 14 dygn längre under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden, vilket motsvarar en ökning med 7 %.

- Ökningen av växtsäsongens längd beror främst på att den i genomsnitt har startat tidigare under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden 1961–1990.

- Antalet nollgenomgångar för mätstationen Observatorielunden var 67 dygn per år under referensperioden 1961–1990 jämfört med 59 dygn per år under perioden 1991–2018. Det genomsnittliga antalet nollgenomgångar var alltså 8 dygn färre under perioden 1991–2018 jämfört med referensperioden, en minskning med 11 %. Antalet nollgenomgångar har alltså blivit färre i Stockholm i takt med att medeltemperaturen har ökat.

- Resultaten och de konstaterade temperaturförändringar som har identifierats i denna studie överensstämmer med SMHI:s prognoser för den framtida temperaturutvecklingen i länet till år 2100, för två olika utsläppsscenarier.

Referenser

1. Klimat- och väderstatistik, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/
2. Urban värmeö, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatforandringar-och-klimatanpassning/varmeboljor-och-varmestress/urbana-varmeoar-urban-heat-island/
3. Värmeböljor och värmestress, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatforandringar-och-klimatanpassning/varmeboljor-och-varmestress/
4. Klimatförändringar och klimatanpassning, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatforandringar-och-klimatanpassning/
5. N. Otero, J. Sillmann, K. A. Mar, H. W. Rust, S.Solberg, C. Andersson, M. Engardt, R. Bergström, B. Bessagnet, A. Colette, F. Couvidat, C. Cuvelier, S. Tsyro, H. Fagerli, M. Schaap, A.Manders, M. Mircea, G. Briganti, A. Cappelletti, M. Adani, M. D'Isidoro, M.-T. Pay, M. Theobald, M. G. Vivanco, P. Wind, N. Ojha, V. Raffort, and T. Butler. 2018. A multi-model comparison of meteorological drivers of surface ozone over Europe. Atmos. Chem. Phys., 18, 12269–12288
6. S. Solberg, Ø. Hov, A. Søvde, I. S. A. Isaksen, P. Coddeville, H. De Backer, C. Forster, Y. Orsolini, and K. Uhse. 2003. European surface ozone in the extreme summer. Journal of geophysical research, vol. 113, D07307, doi:10.1029/2007JD009098
7. SMHI öppna data, dygnsmedeltemperatur. https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airtemperatureMean24h,stations=all,stationid=98210
8. SMHI öppna data, dygnsmax- och dygnsmintemperatur. https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airTemperatureMinAndMaxOnceEveryDay,stations=all,stationid=98210
9. Klimatindikatorer, SMHI. https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-temperatur-1.2430
10. Klimatindex, SMHI. https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindex
11. SMHI öppna data. https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airtemperatureInstant,stations=all
12. Vad är isdygn och frostdygn? SMHI. https://www.smhi.se/kunskapsbanken/vad-ar-isdygn-och-frostdygn-1.35582
13. Klimatindex – nollgenomgångar, SMHI. https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindex/nollgenomgangar-1.22895
14. Framtidsklimat i Stockholms län- enligt RCP-scenarier. SMHI, 2015 Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna

Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist. Klimatologi Nr 21

15. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. 2017. WMO-No. 1203
16. Hur beräknas medeltemperatur? SMHI. https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-beraknas-medeltemperatur-1.3923
17. Hur mäts lufttemperatur? SMHI. http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hur-mats-lufttemperatur-1.3839
18. Årsmedeltemperatur, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/medeltemperatur/
19. Högsommardagar, Miljöbarometern, http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/hogsommardagar/
20. Frostdagar, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/frostdagar/
21. Värmeböljor i Sverige, SMHI. Faktablad NR 49 – 2011. https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.16889!/webbFaktablad_49.pdf
22. Tropiska nätter, SMHI. https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/tropiska-natter-1.1085
23. Mailkorrespondens, Lennart Wern, SMHI.
24. Månadsmedeltemperatur, Miljöbarometern. http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/manadsmedeltemperatur/
25. Mailkorrespondens, Karl-Göran Karlsson och Adam Dybbroe, SMHI
26. Framtidsklimat i Stockholms län- enligt RCP-scenarier. SMHI, 2015 Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist. Klimatologi Nr 21

SLB-analys, Miljöförvaltningen i Stockholm.
Tekniska nämndhuset, Fleminggatan 4.
Box 8136, 104 20 Stockholm.
www.slb.nu