

Undersökning av bränder i mindre eldrivna fordon och verktyg

Omständigheterna och konsekvenserna
kring batteribränder

Arvid Karlsson & Max Sjö Sonesson | Avdelningen för
Brandteknik | LTH | LUNDS UNIVERSITET



**Undersökning av bränder i mindre batteridrivna fordon och
verktyg**

Omständigheterna och konsekvenserna kring batteribränder

Arvid Karlsson & Max Sjöö Sonesson

Lund 2023

Titel:

Undersökning av bränder i mindre batteridrivna fordon och verktyg.

Title in English:

Investigation of fires in e-micromobility vehicles and tools.

Författare/Author:

Arvid Karlsson

Max Sjöö Sonesson

Rapport 5707

ISRN: LUTVDG/TVBB--5707--SE

Antal sidor/Number of pages: 53

Illustrationer/Illustrations: 48

Sökord

Batteribränd, elsparkcykel, elcykel, hoverboard, verktyg, mindre eldrivna fordon

Abstract

In this report, an investigation has been carried out regarding battery fires in e-micromobility and tools with the aim of answering what the circumstances have looked like when the batteries have ignited and what consequences these fires have entailed. With the help of the results, proposed solutions have also been developed to prevent battery fires from occurring and to minimize the consequences. The report has been based on incident reports from battery fires in these types of products from all over Sweden.

The result showed that there has been a slight increase in the number of fires in these kinds of products in the last 5 years. The most common starting objects have been electric scooters, electric bicycles and hoverboards, and in the known cases, the largest proportion have ignited when the battery has been charging. Most fires have started in residential environments, where the most common starting area have been in the hallway, living room, basement/storage room and bedroom. In cases where the fires have started outside residential areas, it is most common outdoors and in garages. The fires have usually started during the evening and when there have been people nearby. In most cases, did the fires lead to limited consequences or less, but in several cases did the consequences become worse.

Batteries should be inspected periodically for damage and should not be stored or charged near combustible materials or in escape routes. The batteries should be charged under supervision and there should always be a fire alarm installed. It can be good to try to move the batteries outdoors or possibly try to extinguish the batteries if they ignite but only if this can be done in a safe way.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2023

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2023.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

www.brand.lth.se
Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

www.brand.lth.se
Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Denna rapport utgör vårt examensarbete till våra studier på Brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola (LTH). Arbetet har utförts vid Avdelningen för brandteknik och omfattar 22,5 högskolepoäng.

Till en början vill vi tacka några personer som har hjälpt oss i vårt arbete. Vi skulle vilja tacka vår handledare Marcus Runefors för den värdefulla handledning och relevanta och ärliga feedback under arbetets gång. Ett stort tack till vår externa handledare Anna Andersson Carlin från Räddningstjänsten Syd för vägledning och värdefulla diskussioner. Ett tack till Ulf Bergholm på MSB som bistått med händelserapporter och information om ämnet. Vi vill även tacka de räddningstjänster som bistått med händelserapporter och olycksutredningar.

Sammanfattning

Just nu står vårt samhälle inför stora utmaningar när det kommer till klimatförändringar. Sverige har som klimatmål att vara klimatneutralt senast år 2045 (Energimyndigheten, 2023). För att detta ska uppnås har Energimyndigheten (2023) beskrivit att samhället måste bli mer elektrifierat och att batterier är en nyckelfaktor för att elektrifieringen ska kunna genomföras. De senaste åren har antalet mindre eldrivna fordon ökat markant samt att en stor andel av de handhållna verktyg som säljs idag är batteridrivna. I takt med ökningen av dessa typer av produkter och användningen av batterier finns det även en risk att frekvensen av brandrelaterade olyckor ökar.

I detta arbete har det genomförts en undersökning med en historik av batteribränder i mindre eldrivna fordon och verktyg med syftet att besvara hur omständigheterna har sett ut när batterierna har börjat brinna samt vilka konsekvenser dessa bränder har medfört. Med hjälp av detta har det även tagits fram lösningsförslag för att förhindra att batteribränder ska inträffa samt för att konsekvenser ska bli så små som möjligt.

Arbetet har utgått från händelserapporter från batteribränder i dessa typer av produkter runt om i hela Sverige. Händelserapporterna har till största del hämtats från MSB men vissa har även skickats från olika räddningstjänster runt om i Sverige. I händelserapporterna har det letats efter flera olika parametrar som har hjälpt till att förstå hur händelseförloppet har gått till och därmed kunna få en uppfattning för hur omständigheterna har sett ut samt vad konsekvenserna har blivit. De parametrar som har eftersökts har varit startobjekt, om batteriet har befunnit sig under laddning, om det har varit personer i närheten vid brandstart, startutrymme, vid vilken tid på dygnet branden har startat och om det har funnits brandvarnare samt övrig information. Bedömningen av konsekvenser har gjorts på en skala 1–5 (inga-mycket allvarlig) där rök-och brandspridning samt person- och egendomsskador har tagits i beaktning. Det genomfördes även en djupare analys av 8 händelser för att få mer detaljerade händelsebeskrivningar än vad som kunde utläsas i händelserapporterna.

Resultatet visade att det har varit en liten ökning i antalet bränder i dessa typer av produkter de senaste 5 åren. De vanligaste startobjekten har varit elsparkcyklar, elcyklar och hoverboards och i de kända fallen har den största andelen börjat brinna när batteriet har varit under laddning. Flest bränder har startat inom bostadsmiljö där de vanligaste startutrymmena har varit i hallen, vardagsrum, källare/förråd och sovrum. I de fall bränderna har startat utanför bostadsmiljö är det vanligast utomhus och i garage. Bränderna har oftast startat under kvällstid och när det har funnits personer i närheten. I dem flesta fallen leder bränderna till begränsande konsekvenser eller lägre men i ett flertal fall har konsekvenserna blivit större.

Med hjälp av resultatet har lösningar och åtgärdsförslag tagits fram som kan minska konsekvenserna och risken för att en batteribrand uppstår. Batterierna bör undersökas med jämna mellanrum för att kontrollera att de inte är skadade och bör inte förvaras eller laddas nära brännbart material eller i utrymningsvägar. Batterierna bör laddas under uppsyn och brandvarnare bör finnas i anslutning. Det kan vara bra att försöka flytta ut batterierna utomhus eller eventuellt genomföra släckförsök ifall de börjar brinna om detta kan göras på ett säkert sätt.

Summary

Right now, our society is facing major challenges when it comes to climate change. Sweden's climate goal is to become climate neutral by the year 2045 (Energimyndigheten, 2023). In order for this to be achieved has Energimyndigheten (2023) described that the society must become more electrified and that batteries are a key factor for electrification to be implemented. In recent years, the number of e-micromobility products has increased significantly and a large proportion of hand-held tools sold today are battery powered. Along with the increase in these types of products and the use of batteries, there is also a risk that the frequency of fire-related accidents will increase.

In this report an investigation has been carried out regarding battery fires in e-micromobility and tools with the aim of answering what the circumstances have looked like when the batteries have ignited and what consequences these fires have entailed. With the help of the results, proposed solutions have also been developed to prevent battery fires from occurring and to minimize the consequences.

This report has been based on incident reports from battery fires in these types of products from all over Sweden. The incident reports have mostly been collected from MSB, but some have also been sent from various rescue services around Sweden. Several different parameters have been sought after in the incident reports that could help to understand how the course of events has taken place and thus be able to get an idea of how the circumstances have looked like and what the consequences have been. The parameters that were sought after were the starting object, whether the battery was charging, whether there had been people nearby when the fire started, where the object was placed when the fire started, at what time of the day the fire started, whether there had been fire alarms and other information. The assessment of consequences has been made on a scale from 1-5 (none-very serious), where the spread of smoke and fire as well as personal and property damage have been considered. A deeper analysis of 8 events was also carried out with the purpose to obtain more detailed information than could be read in the incident reports.

The result showed that there has been a slight increase in the number of fires in these kinds of products in the last 5 years. The most common starting objects have been electric scooters, electric bicycles and hoverboards, and in the known cases, the largest proportion have ignited when the battery has been charging. Most fires have started in residential environments, where the most common starting area have been in the hallway, living room, basement/storage room and bedroom. In cases where the fires have started outside residential areas, it is most common outdoors and in garages. The fires have usually started during the evening and when there have been people nearby. In most cases did the fires lead to limited consequences or less, but in several cases did the consequences become worse.

With the help of the results has advice and solution proposals been developed that can reduce the consequences and the risk of a battery fire to occur. Batteries should be inspected periodically for damage and should not be stored or charged near combustible materials or in escape routes. The batteries should be charged under supervision and there should always be a fire alarm installed. It may be good to try to move the batteries outdoors or possibly try to extinguish the batteries if they ignite but only if this can be done in a safe way.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Mål.....	2
1.4	Problemformulering.....	2
1.5	Avgränsningar och begränsningar.....	2
2	Teori.....	3
2.1	Litium-jonbatterier.....	3
2.2	Termisk rusning.....	4
2.3	Battery management system.....	5
2.4	Giftiga gaser.....	5
3	Metod.....	6
3.1	Datainsamling.....	6
3.2	Analys.....	6
3.3	Lösningförslag.....	7
4	Resultat.....	8
4.1	Kvantitativ sammanställning.....	8
4.2	Kvalitativ sammanställning.....	13
4.3	Scenarioanalys.....	16
4.3.1	Händelse 1.....	17
4.3.2	Händelse 2.....	19
4.3.3	Händelse 3.....	21
4.3.4	Händelse 4.....	22
4.3.5	Händelse 5.....	23
4.3.6	Händelse 6.....	24
4.3.7	Händelse 7.....	28
4.3.8	Händelse 8.....	29
4.3.9	Sammanställning av djupanalysen.....	31
5	Diskussion.....	32
5.1	Startobjekt.....	32
5.2	Startutrymme.....	33
5.3	Tid på dygnet vid brandstart.....	34
5.4	Djupanalys.....	34
5.5	Händelser med mycket allvarliga konsekvenser.....	34
5.6	Händelser med mycket begränsade eller inga konsekvenser.....	35

5.7	Lösningsförslag och råd	36
5.8	Metoddiskussion.....	37
6	Slutsats.....	40
7	Vidare forskning.....	41
8	Referenser.....	42

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Klimatet och användningen av fossila bränslen har de senaste åren varit en av de mest omtalade frågorna som diskuterats inom politiken. En nyckelfaktor för att minska klimatavtrycket på världen är enligt Energimyndigheten (2023) att samhället måste bli mer elektrifierat och därav fasa ut användningen av fossila bränslen. Sverige har som mål att bli klimatneutralt senast år 2045 och Energimyndigheten (2023) beskriver att "Batterier spelar en viktig roll för framtidens energiförsörjning och är en nyckelteknik för elektrifieringen". Detta medför därmed att användningen och antalet batterier kommer att öka i samhället och det går även göra antagandet att de risker som uppstår vid användning av batterier kommer öka till följd av detta.

Mindre batteridrivna fordon som till exempel elcyklar och elsparkcyklar har de senaste åren ökat avsevärt i antal. Mellan 2019 och 2021 ökade antalet uthyrningsbara elsparkcyklar från 3500 till över 10 000 i Stockholm och mer än var femte cykel som säljs i Sverige idag är en elcykel (Jonsson, 2021) (Stenberg, 2022). Idag är även näst intill alla handhållna verktyg som säljs batteridrivna. I takt med att denna typ av fordon har ökat har även antalet brandrelaterade olyckor i batterier ökat. Enligt sammanställd statistik från MSB (2023) mellan åren 2018–2022 har antalet bränder relaterade till mindre eldrivna fordon mer än dubblats där batteriet ofta har varit orsaken till branden.

I dagens batteridrivna fordon och verktyg används ofta uppladdningsbara litiumjonbatterier. Dessa typer av batterier har blivit vanligare på grund av att dem har hög energitäthet och lång livslängd (Svenberg, 2021). Problemet med denna typ av batterier är dock att det finns en risk för att termisk rusning inträffar vilket innebär att batteriet självuppvärms. Om termisk rusning inträffar finns det en risk att batteriet sedan antänder eller exploderar. Orsakerna till att en termisk rusning inträffar kan vara till exempel om batteriet blir för varmt eller blir skadat. Problemet med detta fenomen är att batterierna kan vara svåra att släcka och de kan återantända efter släckning samt att en termisk rusning kan inträffa långt efter att batteriet har blivit skadat (Andersson, et al., 2018). Batteribränder kan även producera en stor mängd giftiga gaser som till exempel vätefluorid som då kan försvåra en räddningsinsats (Svenberg, 2021).

I nuläget finns det inte heller något direkt regelverk för hur dessa typer av produkter och batterier ska förvaras och laddas. Den information som finns tillgänglig för hur batterier i denna storlek ska hanteras består endast av tips och råd. Ett exempel för vilka råd som ges idag kommer från MSB (2023) där de rekommenderar att personer ska vara uppmärksamma på synliga skador på batteriet och batteriladdaren och vara uppmärksam för om de blir ovanligt varma, börjar låta eller lukta bränt. De rekommenderar även att laddning av batterier ska ske på hårt underlag, under vakna timmar och inte i hallen eller annan utrymningsväg. Batteriet ska inte heller laddas nära något annat brännbart material som exempel en säng eller soffa. MSB skriver även att laddning bör ske med CE-märkt laddare och att det alltid bör finnas minst en fungerande brandvarnare i närheten för snabb detektion (MSB, 2023).

Liknande råd kommer från andra länder men de kommer också med andra råd. Från USA kommer diskussioner från NYCHA (New York City Housing Authority) om att förbjuda elcyklar och elsparkcyklar och dess batterier i byggnader (Karen & Sedacca, 2022). New York försöker få alla mindre elfordon att få UL (Underwrites Laboratories) märkning som kan motsvaras med elprodukter i Europa med CE-märkning. En sak som UL gör är att testa batterier för att se om de håller säkerhetsstandarder. New York försöker förbjuda produkter utan märkning och kommit med råd att bara använda och köpa elcyklar och elsparkcyklar med UL-märkning (Winnie, 2023).

I Storbritannien har det också diskuterats att sätta in nya förbud och råd på elcyklar och elsparkcyklar (Electrical Safety First, 2023). Tidigare förbud mot elsparkcyklar i Londons kollektivtrafik anses vara åtgärder tagna på grund av bristande reglering runt säkerhetsstandarder och efter flertalet incidenter där dessa fordon till exempel har börjat brinna nere i tunnelbanorna i London (Electrical Safety First,

2023). Enligt Electrical Safety First (2023) behövs mer reglering kring säkerhet på mindre elfordon då antalet ökar. Att kontrollera vilka produkter som används och att se till att de är håller säkerhetsstandarder är en diskussion som tas upp i Storbritannien som en bit av lösningen. Övriga råd som Storbritannien ger är att inte täcka över objektet som laddas eller laddaren. De ger råd att om det börjar brinna råds det att utrymma utan att försöka släcka och sätta en själv i säkerhet först (National Fire Chiefs Council, 2022).

Brannfaglig Fellesorganisasjon från Norge ger råd om det är möjligt att förvara och ladda batterierna utomhus. Om det laddas inomhus råder de att ha batteriet i ett ventilerat rum där gaserna inte sprider sig till övriga rum i byggnaden. De ger rekommendationer att förvara batterierna hela, rena, torra och i en frostfri miljö (Brannfaglig Fellesorganisasjon, 2022). Gentemot Storbritannien säger Brannfaglig Fellesorganisasjon att om det är möjligt göra ett släckförsök vid brand och att ta ut batteriet utomhus på bra avstånd från byggnader och utrymningsvägar. På platser där batterier laddas råder de även att ha automatiskt släcksystem men ett bra alternativ är att ha ett mobilt släcksystem i närheten om automatiskt inte finns (Brannfaglig Fellesorganisasjon, 2022).

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att undersöka och analysera tidigare händelser relaterade till brand i batterier för att sedan kunna identifiera vilka risker som finns då användningen och antalet batterier snabbt ökar i produkter som till exempel elcyklar, elsparkcyklar och verktyg. Arbetet syftar även till att försöka hitta lösningar för att minska riskerna vid brand i batterier.

1.3 Mål

Målet med arbetet är att identifiera och kartlägga hur omständigheterna har sett ut när en brand har uppstått i batterier och vad det har givit för konsekvenser beroende på när och vart branden inträffar. Med hjälp av kartläggningen är målet sedan att framföra förslag för hur en batteribrand kan undvikas och hur konsekvenserna kan minimeras samt hur framtidsutsikterna ser ut när användningen av batterier ökar.

1.4 Problemformulering

Rapporten kommer försöka svara på följande frågeställningar:

- Hur har omständigheterna sett ut när en brand har uppstått i ett batteri?
- Vilka konsekvenser har uppstått då en brand i ett batteri har startat?
- Vad kan man göra för att minska risken att en batteribrand uppstår samt minska konsekvenserna efter att en batteribrand uppstått?

1.5 Avgränsningar och begränsningar

Detta arbete är avgränsat till att endast undersöka bränder i batterier som används i mindre batteridrivna fordon och verktyg. Under arbetet kommer inte heller några egna laborationer genomföras utan informationen som hämtas kommer att vara grundade på resultat från tidigare observationer och försök. Arbetet är även avgränsat till att endast undersöka händelser där branden har startat i batteriet eller batteriladdaren. De händelser som undersöktes djupare var även begränsade till händelser som har inträffat inom Räddningstjänsten Syds områden eftersom det var de som bistod med bilder och extra information. Eftersom den insamlade datan består av händelserapporter från olika räddningstjänster är även arbetet begränsat till att endast undersöka rapporterade olyckor.

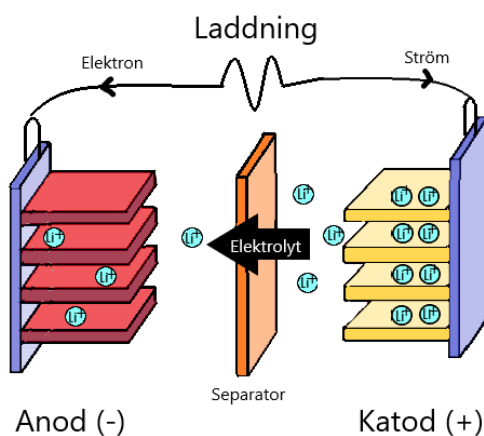
2 Teori

2.1 Litium-jonbatterier

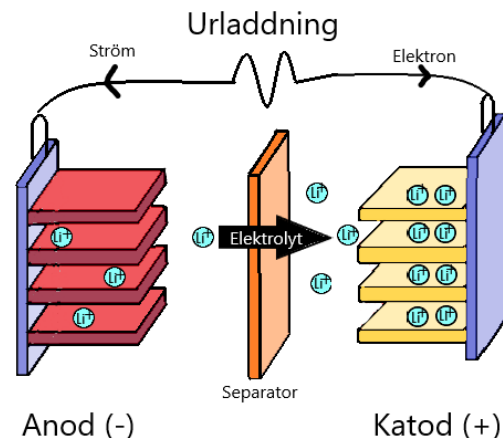
Det finns många typer av Litium-jonbatterier. Sekundära batterier är laddningsbara och primära är icke-laddningsbara batterier. Litiummetallbatteri är inte laddningsbara och används i till exempel i produkter som nycklar (knappceller) och brandvarnare. Samlingsnamn på de batterier som är laddningsbara är Litium-jonbatterier (Batteriföreningen, 2019). De primära Li-metallbatterierna och de sekundära Litium-jonbatterierna skiljer sig då de primära innehåller litium i metallform och de sekundära har litium-joner. Detta gör att de sekundära kan släckas med vatten men de primära kommer litiumet reagera med vattnet och gör det ej släckbart med vatten (Andersson, et al., 2017).

Litium-jon batterier kan användas i många områden som till exempel mobiltelefoner, kameror och i mindre eldrivna fordon och batteridrivna verktyg. Jämfört med andra batterier har litium-jon batterier hög verkningsgrad, energitäthet och lång livslängd (Bardé & Jaguemont, 2023). Beroende på temperaturen har dessa batterier ett optimalt spann mellan 15 °C och 35 °C där de fungerar som bäst och kan hålla en lång livslängd (Bardé & Jaguemont, 2023). Batteriet består av ett flertal battericeller. Cellerna packas ihop i batterimoduler som är likt ett större batteri där battericellerna är sammankopplade. Dessa moduler packas sedan ihop till buntar som kopplas vidare till ett stort batterisystem (Electrical Safety First, 2023).

I en battericell finns det elektroner som strömmar från den negativa elektroden (anod) till den positiva elektroden (katod) under tiden den används och laddas ut. Under urladdningen transporteras de positivt laddade litium-jonerna i elektrolyten från anoden till katoden för att neutralisera polen för att balansera upp polen när elektronerna strömmar dit. Under färdan transporteras de igenom en separator som separerar de olika polerna. Separatoren finns för att undvika kortslutning i battericellen som består av ett permeabelt material. Vid laddning av batteriet byter processen håll i battericellen, elektronerna strömmar till anoden och litium-jonerna tar sig förbi separatoren i elektrolyten för att komma till anoden (Batteriföreningen, 2019). Figurerna 2-1 och 2-2 nedan illustrerar battericeller under laddning och urladdning.



Figur 2-1, Battericell under laddning där elektronerna och litium-jonerna strömmar mot anoden. Av Karlsson, A. Modifierad från A critical review of lithium-ion battery safety testing and standards (Bardé & Jaguemont, 2023) [Figur]



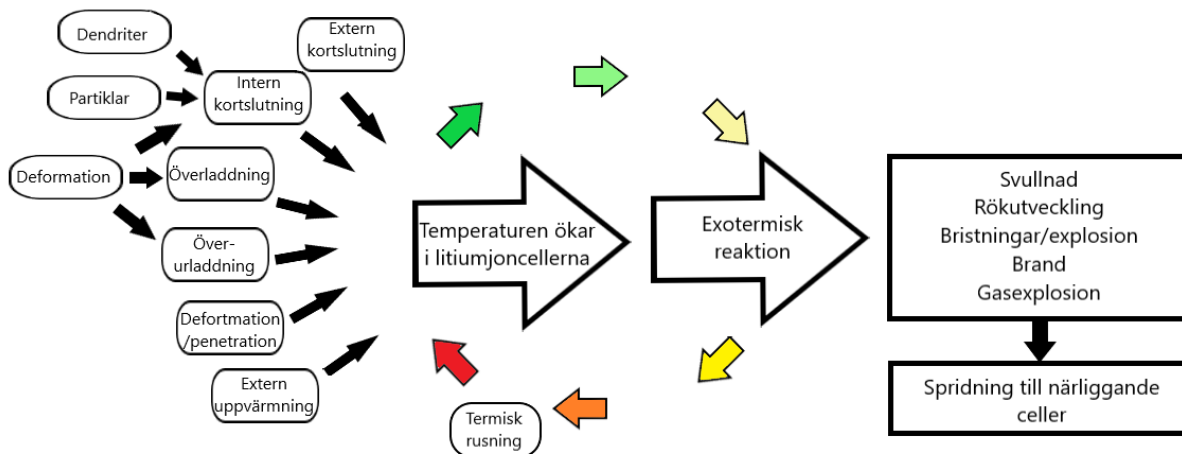
Figur 2-2, Battericell under urladdning där elektronerna och litium-jonerna strömmar mot katoden. Av Karlsson, A. Modifierad från A critical review of lithium-ion battery safety testing and standards (Bardé & Jaguemont, 2023) [Figur]

2.2 Termisk rusning

Litium-jon batterier har många fördelar som till exempel hög verkningsgrad och energitäthet men det finns även en del nackdelar. Batterierna är bara stabila inom en viss cellspänning och temperatur. Om batteriet kommer utanför dess stabila område kan det leda till självuppvärmning som senare kan utvecklas till termisk rusning (Andersson, et al., 2017). Termisk rusning inträffar när en exoterm reaktion går utom kontroll. Reaktionshastigheten ökar på grund av att temperaturen ökar som sedan leder till fortsatta exoterma reaktioner i batteriet. Till slut kommer det resultera med en brand och möjligtvis en explosion. När temperaturen överstiger 80 °C kan termisk rusning inträffa spontant i batteriet (Chen, et al., 2012). För litium-jon batterier är orsaken bakom den exoterma reaktionen som uppstår i batteriet relationen mellan anoden, katoden och elektrolyten i batteriet. Batteriet kommer till slut spricka när temperaturen och trycket inne i batteriet blir för stort (Chen, et al., 2012).

Batterier har egenskapen att vara en antändningskälla då termisk rusning kan leda till brand. Flera olika fel kan leda till termisk rusning, fel som överladdning, kortslutning, överurladdning extern kortslutning eller intern kortslutning som kan orsakas av dendriter och partiklar som kommer in i batteriet (Fjellgaard Mikalsen, et al., 2023). Dendriter är små strukturer av litiummetall som kan bildas när batteriet laddas och urladdas under upprepande gånger (Ahuja, et al., 2021). Det går att dela in orsakerna till termisk rusning i tre olika typer av batterimissbruk. Den första är mekaniskt missbruk, som är mekaniska skador på olika delar av batteriet eller skador på battericeller som kan framkalla kortslutning eller luftpenetration in i battericellerna. Den andra är elektriskt missbruk som leder till att värme produceras i cellen, till exempel överladdning eller överurladdning. Det tredje är termiskt missbruk, vilket innebär att det blir en hög intern temperaturhöjning som leder till termisk rusning. Mekaniskt missbruk kan leda till elektriskt missbruk och elektriskt till termiskt missbruk (Bardé & Jaguemont, 2023).

När ett batteri är i termisk rusning kan det leda till en del konsekvenser. När det sker en termisk rusning kan självuppvärmningshastigheten komma upp till 10 °C/min eller högre. Uppvärmningen gör att andra battericeller i paketet värms upp och går i termisk rusning som kan orsaka en förbränning av Li-jonbatteriet (Amon, et al., 2019). En Brand från batteriet kan bli en konsekvens av detta förlopp. Branden kan vara våldsamt, flammor kan komma ut från batteriet, brinnande battericeller kan flyga ut från batteriet, varma gnistor kan komma ut, brinnande vätskor och stora mängder av giftiga och brännbara gaser släpps ut (Fjellgaard Mikalsen, et al., 2023). Gaserna kan göra att batteriet sväller upp och om de inte kommer ut kan batteriet brista eller explodera (Bardé & Jaguemont, 2023). Även de brännbara gaserna kan antändas och en explosion kan ske (Fjellgaard Mikalsen, et al., 2023). Värmen, brandgaserna, de i väg skjutande battericellerna och gnistorna som kommer ifrån batteribranden kan leda till att branden sprider sig från batteriet till närliggande brännbara objekt (Fjellgaard Mikalsen, et al., 2023). Figuren 2–3 nedan visar orsakerna till temperaturhöjning i litium-joncellerna som leder till en exotermisk reaktion som höjer temperaturen ytterligare. Figuren visar även konsekvenserna och möjliga orsaker till termisk rusning.



Figur 2-3, En temperaturökning som leder till exotermisk reaktion som värmer upp battericellen ännu mer. På vänstra sidan av figuren syns orsaker bakom termisk rusning och på högra sidan möjliga konsekvenser.

2.3 Battery management system

”Battery management system” (BMS) eller Li-jonbatteriets styrsystem, används i de flesta Li-jonbatterier för att se till att de förblir stabila och tillförlitliga. BMS balanserar och övervakar battericellerna för att förhindra att inte överhettning eller brand ska inträffa (Andersson, et al., 2017). Systemet innehåller flera olika sensorer som kontrollerar batteritemperatur, cellspänningen samt batteripaketets ström och spänning. Den elektriska isoleringen mäts också av BMS för att systemet ska kunna stänga av batteriet om isoleringen fallerar. Om temperaturen i batteriet är för låg eller hög kommer BMS att reagera. För att fixa problemet kan systemet försöka öka eller minska temperaturen genom att minska eller stoppa strömmen från andra delar i systemet eller stänga av batteriet (Andersson, et al., 2017). Spänningen i varje cell behöver hållas i batteriets stabila område och om spänningen överstiger eller understiger de stabila gränserna ska BMS stänga av batteriet för att skydda cellerna (Andersson, et al., 2017).

Det finns problem som BMS inte kan eller har svårigheter att lösa. Extern kortslutning i celler är möjligt att skydda ifrån genom en strömbrytare om kortslutningen sker där det finns en strömbrytare. Intern kortslutning kan inte BMS skydda ifrån då det sker på en för liten skala på grund av små partiklar som kommer in i systemet eller formationer av dendriter (Andersson, et al., 2017). Gasläckor från batteriet kan inte BMS i vanliga fall upptäcka. Det finns vissa battericeller som innehåller säkerhetsventiler och ”current interrupter device” (CID) och endast i dessa fall kan BMS upptäcka gasläckor då ventilen släpper ut gaserna vid 0 V i cellspänning. Om BMS upptäcker 0 V kan batteriet stängas av men en spänning på 0 V behöver inte vara gasutsläpp utan kan även vara på grund av andra faktorer som till exempel att någon sensorladd har kopplats ur (Andersson, et al., 2017).

2.4 Giftiga gaser

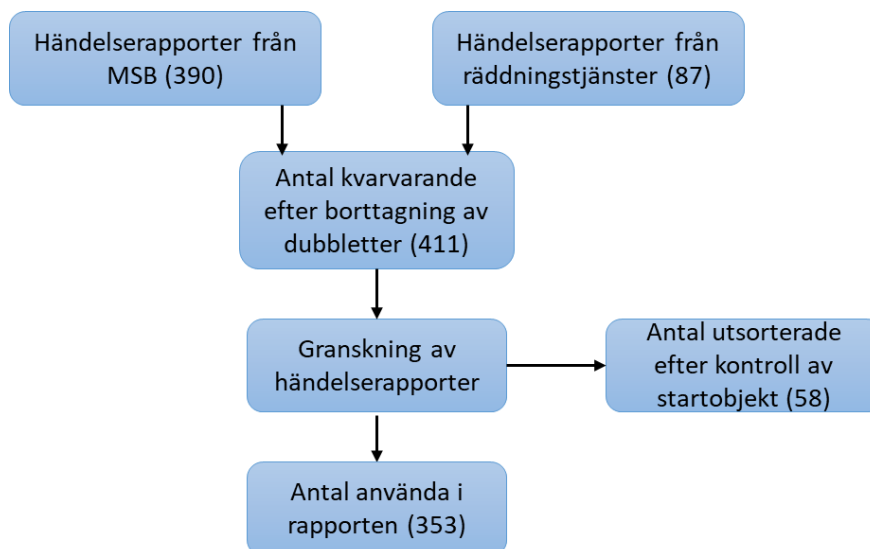
Li-jon batterier kan även släppa ut giftiga gaser vid batteribrand. Vanliga gaser som bildas vid batteribränder som är hälsofarliga är PF₅, POF₃ och HF (vätefluorid). Även florerade fosforsyror kan släppas ut vid brand som då kan bilda mer HF om det reagerar med vatten (Andersson, et al., 2013). HF är en starkt irriterande gas som kan leda till allvarliga skador i luftvägarna om den andas in. Fluorid jonen kan också penetrera huden och leda till förgiftningar där nivåerna av kalcium, magnesium och kalium i blodet kan ändras (Anderson, et al., 2020). HF har ett takgränsvärde för arbetsmiljöer på 2 ppm (Andersson, et al., 2013). De flesta moderna fordon och verktyg som har Li-jon batterier innehåller också plast som också leder till andra hälsofarliga gaser som CO₂, CO och andra organiska föreningar. Vissa plaster kan också avge HCl (saltsyra) och HF (Anderson, et al., 2020).

3 Metod

För att få en förståelse för hur omständigheterna vanligtvis ser ut och vad konsekvenserna kan bli analyserades händelserapporter och olycksutredningar från olika tillbud gällande brand i batterier. Det genomfördes en stor sammanställning av statistik för omständigheter och konsekvenser men också en mer detaljerad analys där det tittades närmare på specifika händelser. Syftet med den stora datainsamlingen var att få en generell bild över hur bränder i dessa typer av objekt oftast går till. Den djupare analysen genomfördes med syftet att få en mer detaljerad beskrivning av vissa händelser där mönster och likheter i de olika händelserna kunde jämföras.

3.1 Datainsamling

Händelserapporterna som användes till arbetet skickades från MSB efter förfrågan om bränder i mindre eldrivna fordon och verktyg. Flera räddningstjänster i Sverige har även bistått med händelserapporter och olycksutredningarna har hämtats från MSB:s databas RIB. Det begärdes rapporter om händelser från och med 2018 fram till nutid med sökorden elcykel, elsparkcykel, hoverboard och verktyg. Dock inkom även 8 händelser som hade inträffat tidigare som också valdes att användas. Dubletter och händelser som inte passade in inom rapportens ämnesområde sorterades bort enligt flödesschemat i figur 3-1 nedan. Totalt inkom 477 olika händelserapporter varav 353 av dessa har använts till resultatet.



Figur 3-1, En prisma flow chart som visar flödesschemat för utsorteringen av händelserapporter.

3.2 Analys

Efter sorteringen analyserades händelserapporterna grundligare där flertalet parametrar som hjälper till att förklara omständigheterna och konsekvenserna eftersöktes. De parametrar som var av intresse i händelserapporterna togs fram genom diskussion och presenteras nedan i tabell 1.

Tabell 1, Tabellen redovisar parametrarna som analyserades ifrån händelserapporterna.

Parameter	Förklaring
Objekt	Vilket objekt batteriet användes till och startade branden.
Startutrymme	Vart objektet var placerat då branden startade.
Tid	Vid vilken tid på dygnet branden startade.
Orsak	Möjlig information om vad som kan vara orsaken till att branden startade i batteriet eller laddaren.
Laddning	Om batteriet befann sig under laddning eller inte när branden startade.
Personer i närheten	Om det befann sig personer i närheten när branden startade.
Brandvarnare	Om det fanns en fungerande brandvarnare i anslutning till branden.
Konsekvens	Beskrivning av skador på egendom och personer samt rök- och brandspridning.
Övrig information	

Bedömningen av konsekvensen gjordes kvalitativt på en kvantitativ skala från 1–5 (inga-mycket allvarliga). Detta gjordes först individuellt och sedan jämfördes resultaten med varandra för att den slutgiltiga bedömningen skulle bli så objektiv som möjligt. I de fall den individuella bedömningen av konsekvenser stämde överens med varandra gjordes ingen vidare utvärdering. I de fall då bedömningen skildes åt analyserades händelsen ännu en gång och den slutgiltiga konsekvensen bestämdes sedan genom diskussion. En analys genomfördes även för hur samstämmig bedömningen av konsekvenserna var vilket kan ses i kapitel 5.8.

Det genomfördes även en djupare analys av åtta händelser för att få ett bättre perspektiv för hur händelseförloppet har utspelats och mer detaljerad information än vad som kan utläsas ur händelserapporterna. Valet av vilka händelser som skulle analyseras djupare gjordes utefter vilka händelser som ansågs vara intressanta i den synpunkt att undersöka varför konsekvensen blev som den blev. Det strävades även efter att få en bredd och undersöka fall med olika startobjekt och startutrymmen. Fallen var dock begränsade till händelser inom Räddningstjänsten Syds områden eftersom de bistod med bilder från olycksplatserna samt extra information.

3.3 Lösningförslag

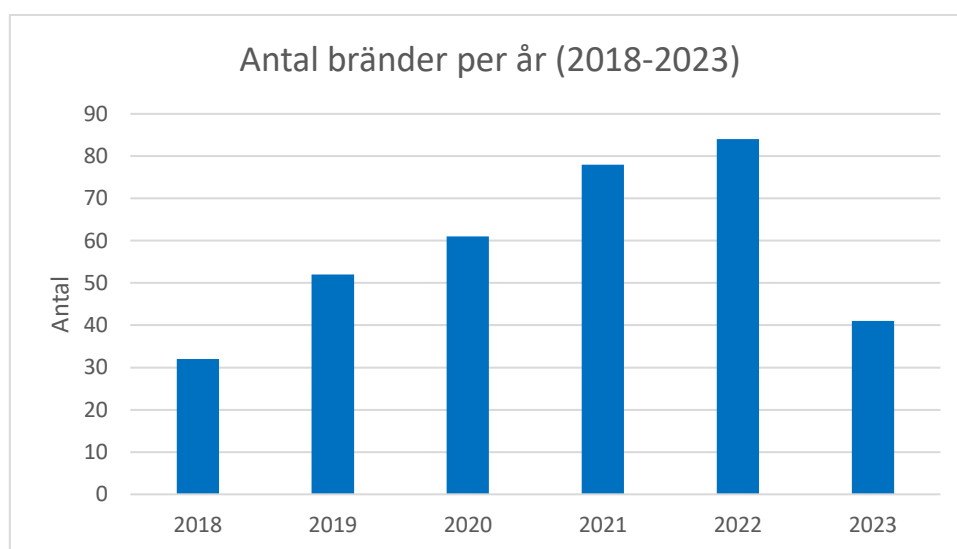
För att ta fram lösningförslag och åtgärder som kan minska risken för att batteribränder ska inträffa och för att konsekvenserna ska bli så små som möjligt undersöktes det vad som finns för råd idag. Det tittades i första hand på vilka råd som anges i Sverige men även utomlands i USA, Storbritannien och Norge. De Norska råden tittades på för att lättare kunna jämföra med Sverige eftersom de har ett mer likvärt samhälle och USA och Storbritannien för att få ett bredare perspektiv. De olika råden och lösningarna jämfördes med varandra i syfte att undersöka hur de skiljer sig åt i olika länder. Med hjälp av vilka råd och lösningar som finns idag samt efter genomgång av händelserapporterna kunde lösningförslag tas fram.

4 Resultat

Resultatet är uppdelat i en kvantitativ del under kapitel 4.1 och en kvalitativ del under kapitel 4.2. Resultatet för den djupare scenarioanalysen presenteras under kapitel 4.3.

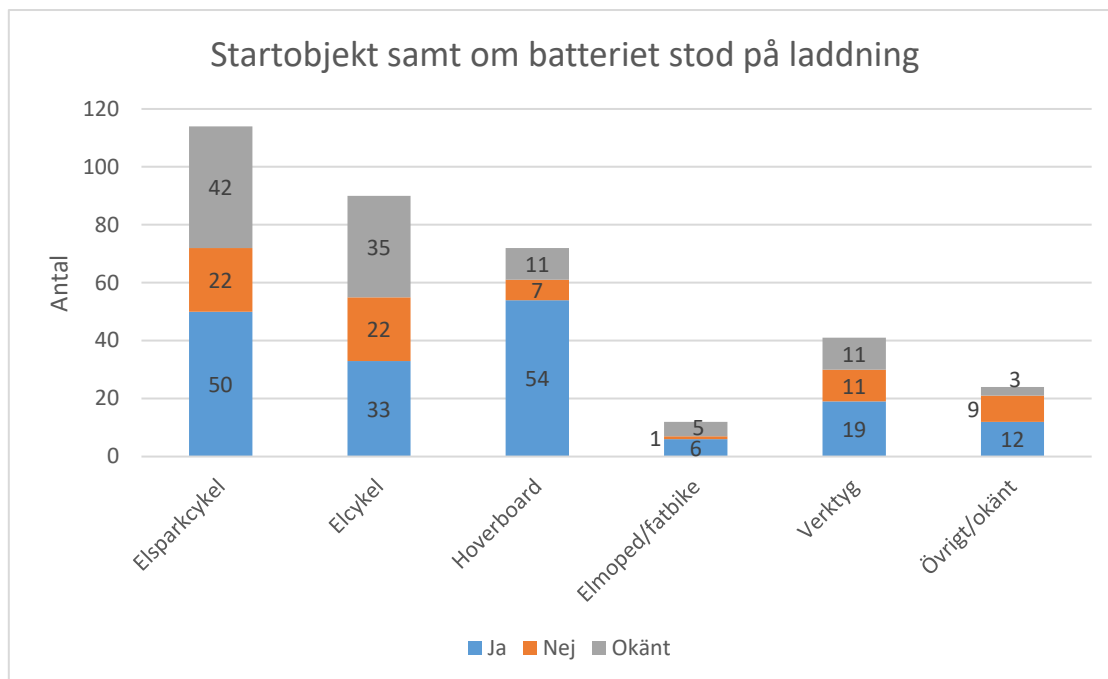
4.1 Kvantitativ sammanställning

Sammanställningen av hur många batteribränder i dessa typer av produkter som har skett mellan 2018–2022 presenteras i Figur 4–1 nedan. Resultatet visar att det har varit en ökning av bränder varje år mellan 2018–2022. För året 2023 är resultatet ännu inte komplett vilket förklarar varför så få händelser har inträffat. Den senaste händelsen som har registrerats år 2023 inträffade den 30 juni. Det finns även ett fåtal händelser som inträffade innan 2018 som inte presenterades i figuren nedan. Totalt var det 8 händelser som inträffade mellan 2015–2017 som inte är medräknade i diagrammet.



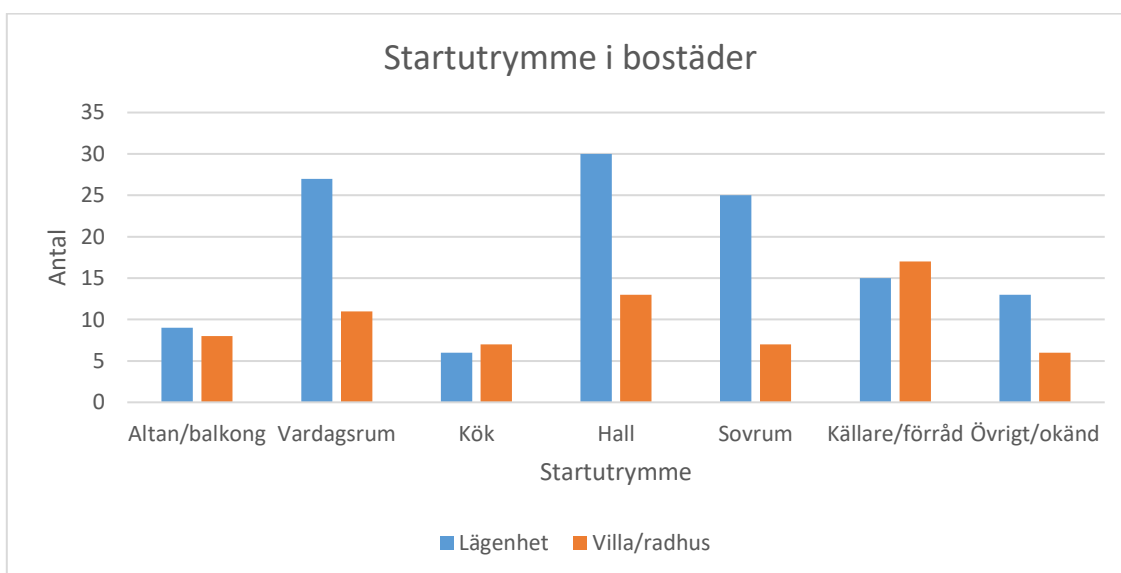
Figur 4-1, Antal batteribränder per år. För 2023 är det händelser fram till 30 juni som finns med i diagrammet.

Figur 4–2 nedan visar att batterier i elsparkcyklar är den vanligaste produkten som har startat en brand och sedan kommer elcyklar och hoverboards. Andelen som har börjat brinna står dock för en väldigt liten del av hur många som har sålts de senaste åren vilket diskuteras vidare i kapitel 5.1. Kategorin övrigt/okänd består av produkter som till exempel elskateboards, permobiler, gräsklippare eller till exempel i de fall där det har funnits flera olika typer av eldrivna objekt men det inte har gått att avgöra exakt vilket av dem som har startat branden. Figuren visar även om respektive objekt har befunnit sig under laddning eller inte när branden startade. I alla av de kända fallen har störst andel börjat brinna under laddning men i många av fallen är det också okänt vilket kan bero på att det inte har gått att avgöra efter branden eller inte har gått att utläsa ur informationen i händelserapporten.



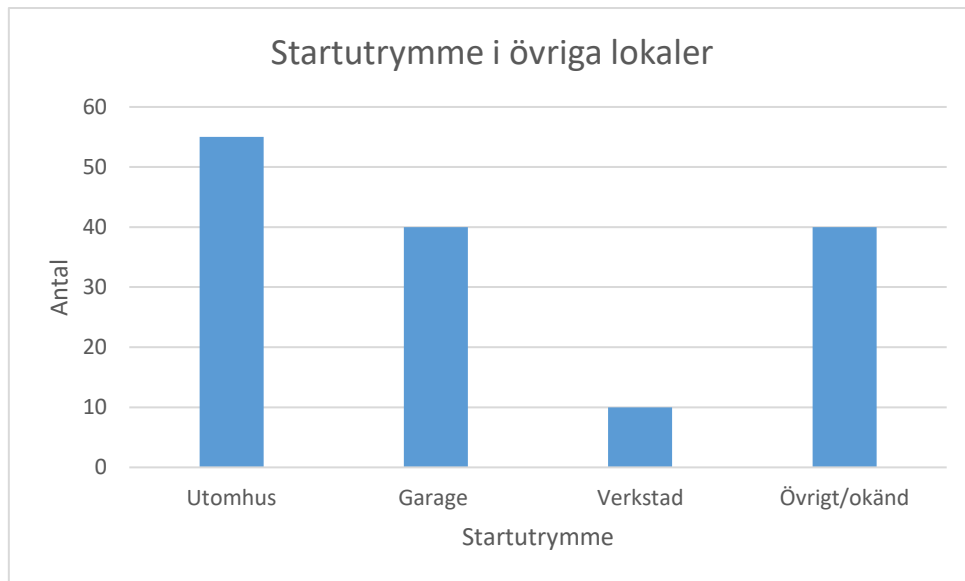
Figur 4-2, Figuren visar hur många av följande objekt som har varit startobjekt för brand. Färgerna visar om batteriet stod på laddning, inte stod på laddning eller om det var okänt.

I figur 4–3 nedan presenteras sammanställningen för vilket startutrymme som är vanligast i bostäder. I lägenheter kan det ses att de vanligaste platserna för brandstart är hall, vardagsrum och i sovrummet. För villor och radhus är den vanligaste platsen källare/förråd till följd av hallen och vardagsrum. Kategorin övrigt/okänd innehåller utrymmen som till exempel badrum, trapphus eller om startutrymmet inte har varit specificerat i händelserapporten.



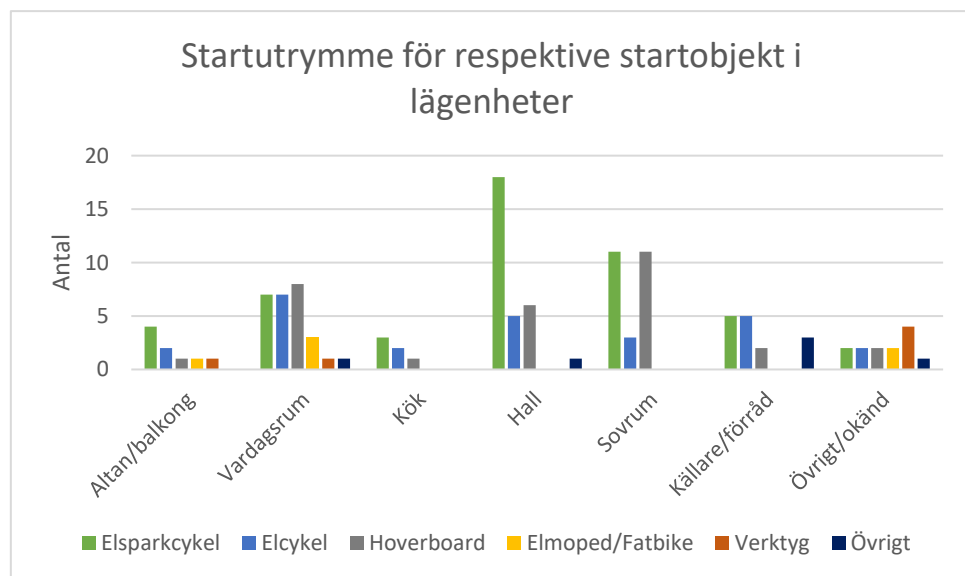
Figur 4-3, Figuren illustrerar i vilket startutrymme branden startade i. Blå stapel för lägenheter och orange för villa/radhus.

I figur 4–4 visas de fall där bränderna har startat i andra utrymmen än bostäder där det kan ses att flest har inträffat utomhus. En stor del av händelserna har även inträffat i garage. Kategorin övrigt/okänd innehåller platser som till exempel produktionslokaler, lager och postterminaler eller om platsen inte har varit specificerad i händelserapporten.



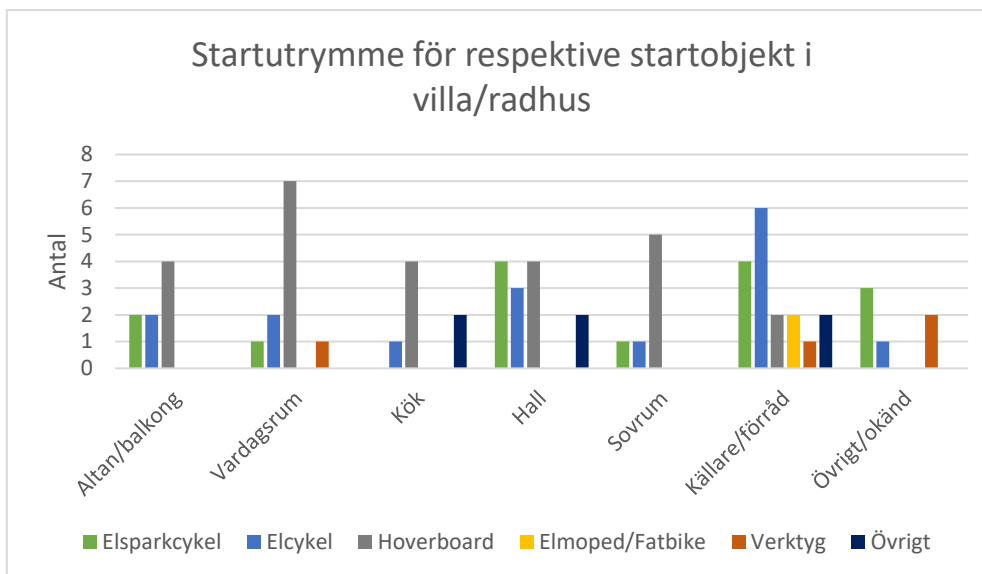
Figur 4-4. Startutrymmen för batteribränder i övriga lokaler som inte är bostäder.

I figurerna nedan visas det i vilket startutrymme respektive startobjekt har varit placerat i. Figur 4-5 visar hur fördelningen ser ut i lägenheter där det visas att elsparkcyklar oftast har varit placerade i hallen när de har börjat brinna. I sovrum är fördelningen lika mellan elsparkcyklar och hoverboards.



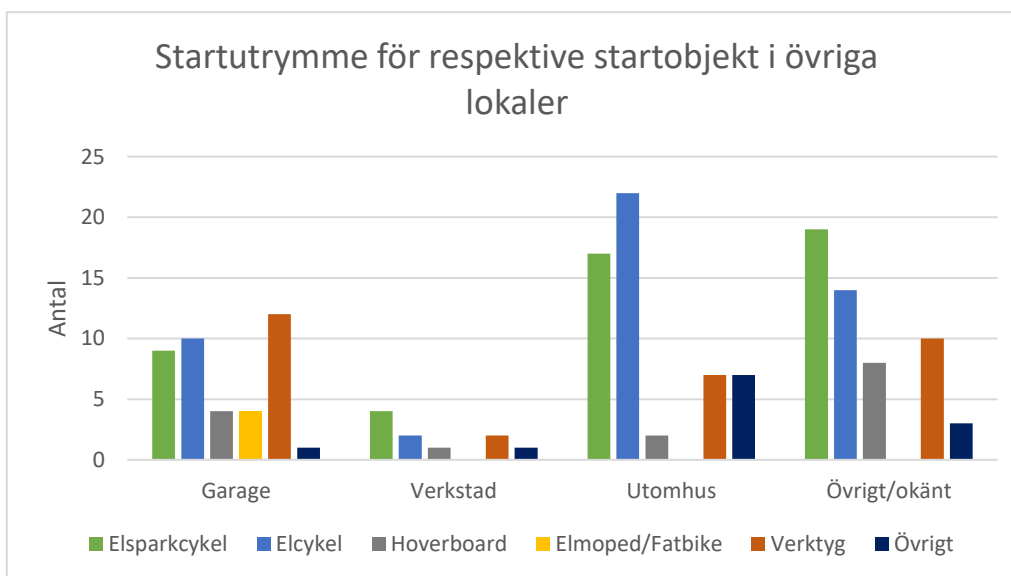
Figur 4-5, Figuren visar startutrymmet för respektive startobjekt i lägenheter.

I villor och radhus (figur 4-6) är det vanligast att hoverboards har varit placerade i vardagsrummet när de har börjat brinna men en stor andel har även varit i sovrum, hall, kök och altan/balkong. Elcyklar har oftast förvarats i källare/förråd och i hallen när de har börjat brinna vilket även är de vanligaste startutrymmena för elsparkcyklar.



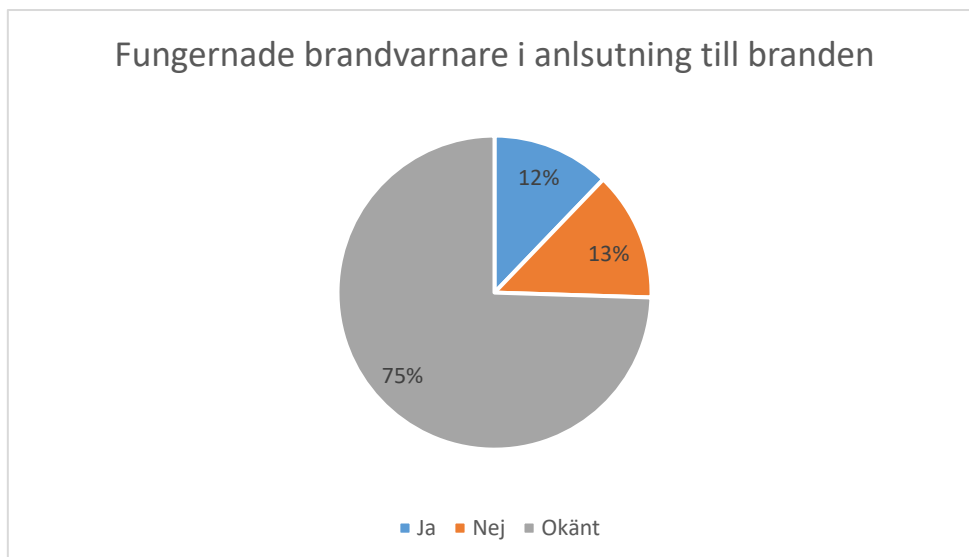
Figur 4-6, Figuren visar startutrymmet för respektive startobjekt i villa/radhus.

I de kända fallen har elsparkcyklar och elcyklar oftast börjat brinna utomhus i de fallen det har inträffat utanför bostadsmiljö. Det går även se i figur 4-7 nedan att verktyg står för den största andelen av bränder i garage i de kända fallen.



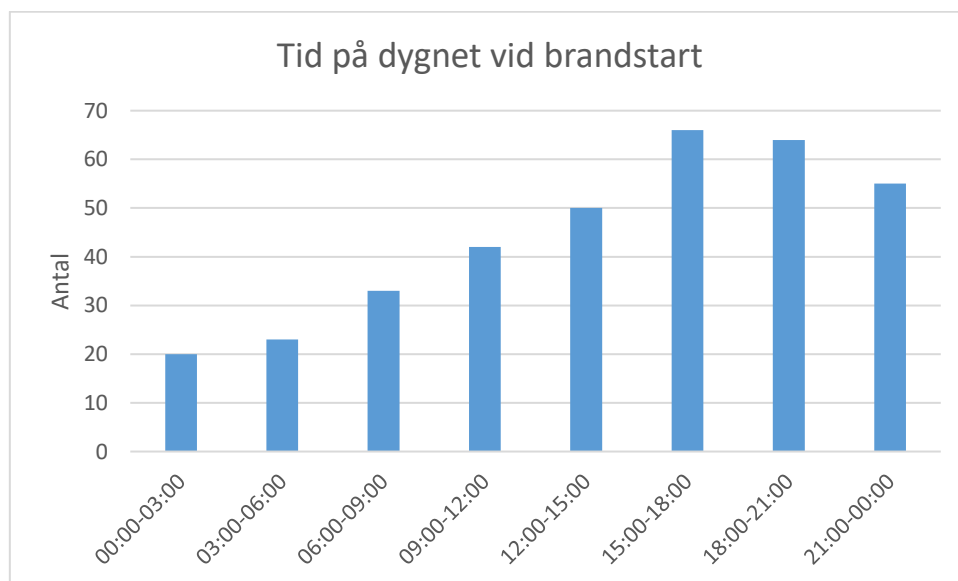
Figur 4-7, Figuren visar startutrymmet för respektive startobjekt i övriga lokaler.

En av parametrarna som även undersöktes var om det fanns en fungerande brandvarnare i anslutning till branden vilket presenteras i figur 4-8 nedan. I nästan tre fjärdedelar av fallen är detta okänt då det ofta inte har varit specificerat i händelserapporterna. I övrigt är fördelning mellan ja och nej ungefär lika stor där det i några fler fall inte har funnits brandvarnare.



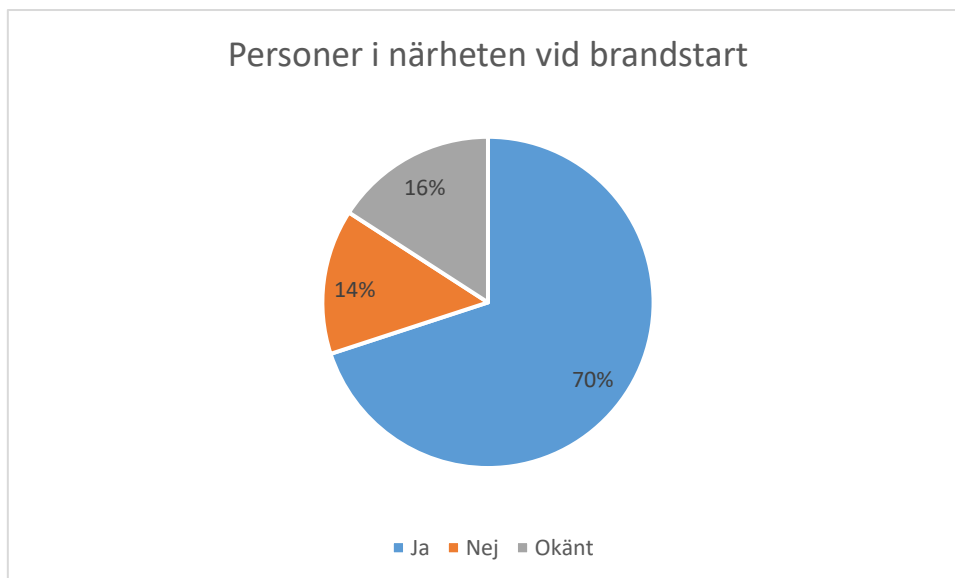
Figur 4-8, Figuren visar antalet i procent där det fanns brandvarnare i de olika händelserapporterna, hur många händelser där det inte fanns brandvarnare och om det var okänt.

I figur 4–9 nedan visas fördelningen för vilken tid på dygnet bränderna har startat där dygnet har delats upp i 3 timmars intervall. De allra flesta bränderna har startat mellan 12:00-00:00 och mest i 15:00-18:00 intervallet.



Figur 4-9, Figuren visar under vilken tid på dygnet bränderna startade. Staplarna är i tre timmars intervall.

Figuren 4–10 nedan visar att i 70% av fallen har det funnits personer i närheten när branden har startat. I minst tio av dessa fall har det dock beskrivits att personerna har sovit och vaknat av brandvarnare eller andra ljud.



Figur 4-10, Figuren visar hur stor andel i procent av händelserapporterna där det fanns någon person i närheten vid brandstart. Procentdelen om informationen var okänt presenteras i grått.

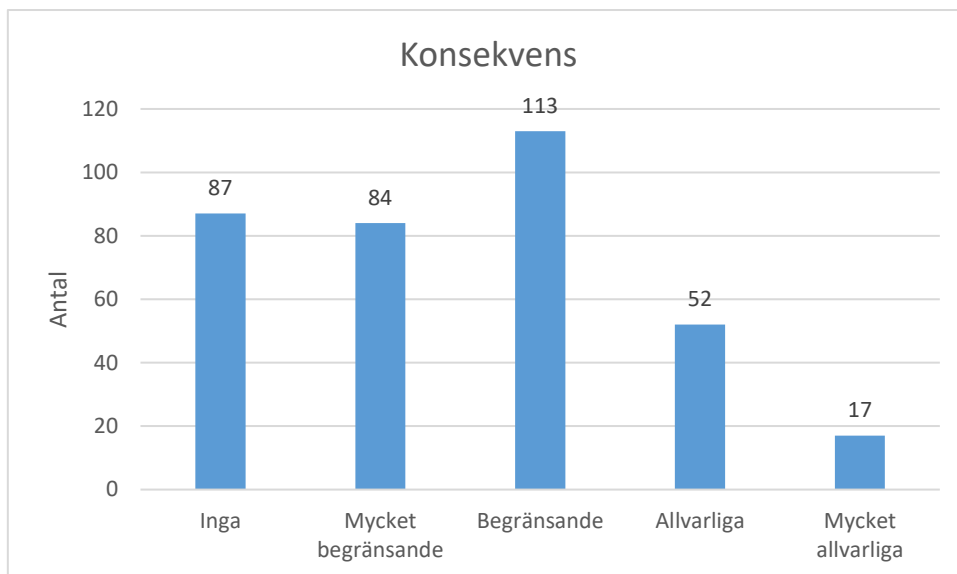
4.2 Kvalitativ sammanställning

För att bedöma konsekvenserna som bränderna har medfört har det i stället gjorts en kvalitativ bedömning på en kvantitativ skala från 1–5, för beskrivning av skala, se tabell 2. Bedömningen av konsekvenserna för varje fall är gjorda utifrån vad som fanns beskrivet i händelserapporterna och är gjorda utifrån skribenternas individuella bedömning. En faktor som används i skalan är om rök- och brandspridning har skett till andra brandceller. I de fall det inte finns brandceller, till exempel i villor, gjordes i stället en bedömning för hur omfattande rök- och brandspridningen var inom och utanför villan. Till exempel om hela villan blev rökfylld och totalförstörd av branden bedömdes konsekvensen som mycket allvarlig. Sammanställningen av konsekvenserna redovisas i figur 4–11 nedan.

Tabell 2, Bedömning av konsekvenserna i fem steg och beskrivning på en kvantitativ skala.

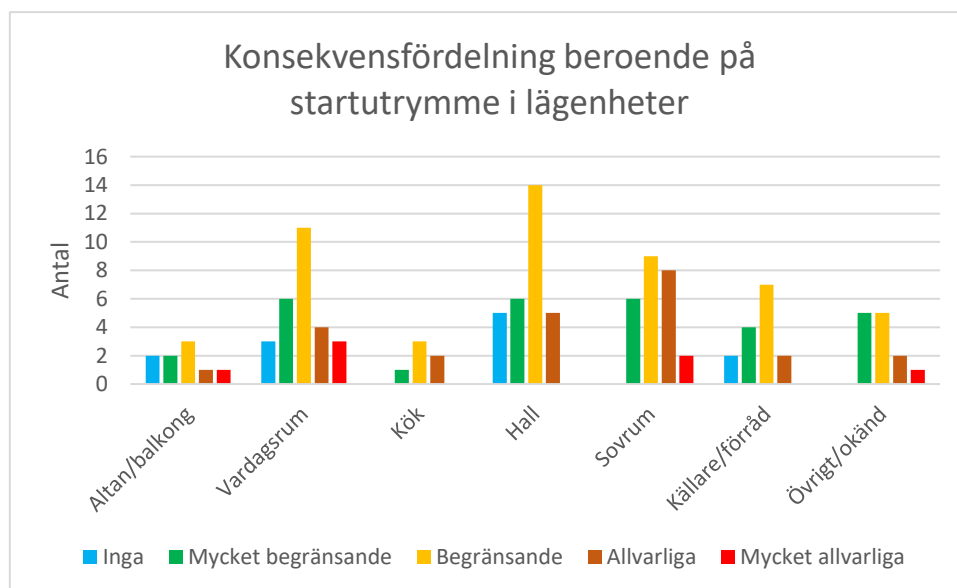
Nivå	Konsekvens	Beskrivning
1	Inga	Endast skador på objektet som börjat brinna
2	Mycket begränsande	Viss rökspridning i startutrymmet, begränsade brandskador, ingen brandspridning.
3	Begränsande	Endast rökspridning i startbrandcellen, viss brandspridning till intilliggande objekt, personer har påverkats av branden men inte fått några skador och har inte behövt undersökas vidare efter tillfället.
4	Allvarliga	Rökspridning till flera brandceller, brandspridning inom brandcellen, milda personskador, personerna har endast undersökts men inte behövt vidare vård.
5	Mycket Allvarliga	Mycket kraftig rökutveckling, brandspridning utanför startbrandcellen. Personskador som har lett till behov av vård.

Det är vanligast att batteribränder i dessa typer av produkter leder till begränsande konsekvenser eller lägre vilket kan ses i figur 4–11 nedan. Det finns dock ett betydande antal som leder till allvarliga eller mycket allvarliga konsekvenser som står för ungefär en femtedel av alla händelser.



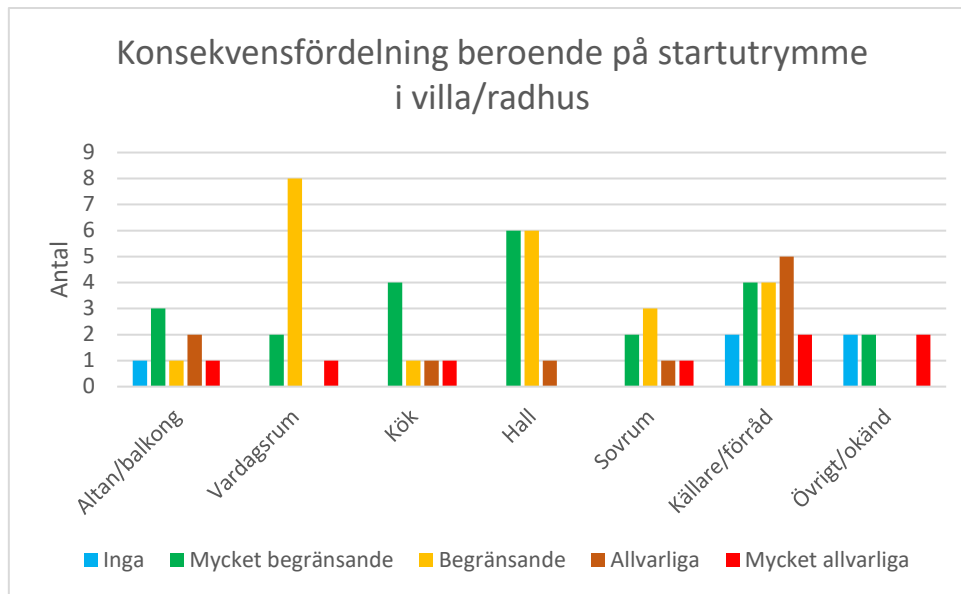
Figur 4-11. Figuren visar antalet händelser för respektive satt konsekvens.

I figurerna nedan presenteras resultatet för hur stora konsekvenserna har blivit beroende på vart branden har startat. Figur 4-12 visar konsekvensen för olika startutrymmen i lägenheter, figur 4-13 i villa/radhus och figur 4-14 visar för övriga platser.



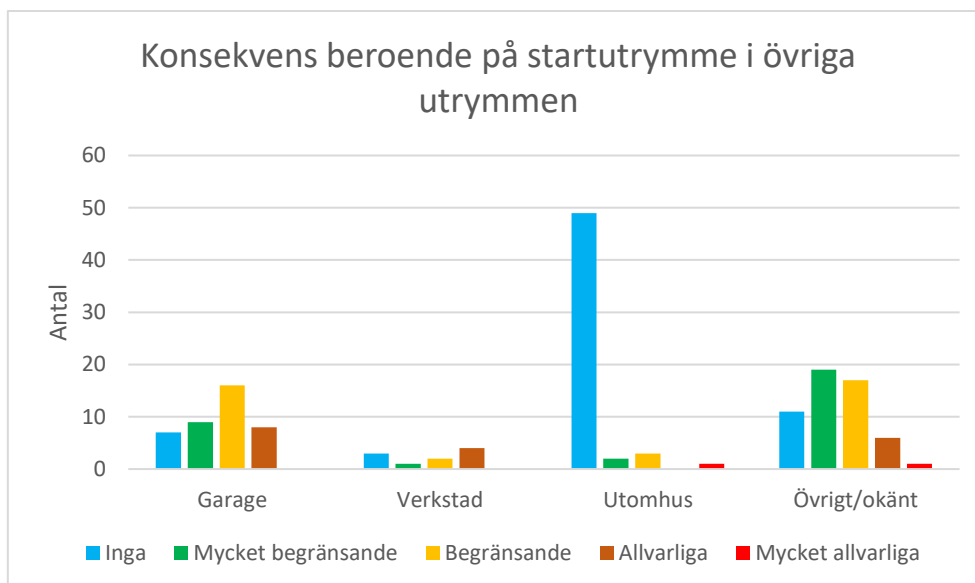
Figur 4-12, Konsekvensfördelning för de olika startutrymmena i lägenheter.

I lägenheter har konsekvenserna oftast blivit begränsande vilket också är den övervägande konsekvensen i hall och vardagsrum. Det går även att se att konsekvenserna har blivit störst i de fallen då branden har startat i vardagsrum, sovrums och hall.



Figur 4-13, Konsekvensfördelning för de olika startutrymmena i villor/radhus.

I villor och radhus är den vanligaste platsen källare/förråd vilket också är det startutrymme som flest händelser har lett till störst konsekvenser. Generellt har konsekvenserna oftast varit mycket begränsande och begränsande. I jämförelse med fallen som har inträffat i lägenheter har det varit en händelse mer som har lett till mycket allvarliga konsekvenser i villor och radhus även fast det har varit fler händelser totalt i lägenheter. Däremot har det varit betydligt fler allvarliga incidenter i lägenheter.

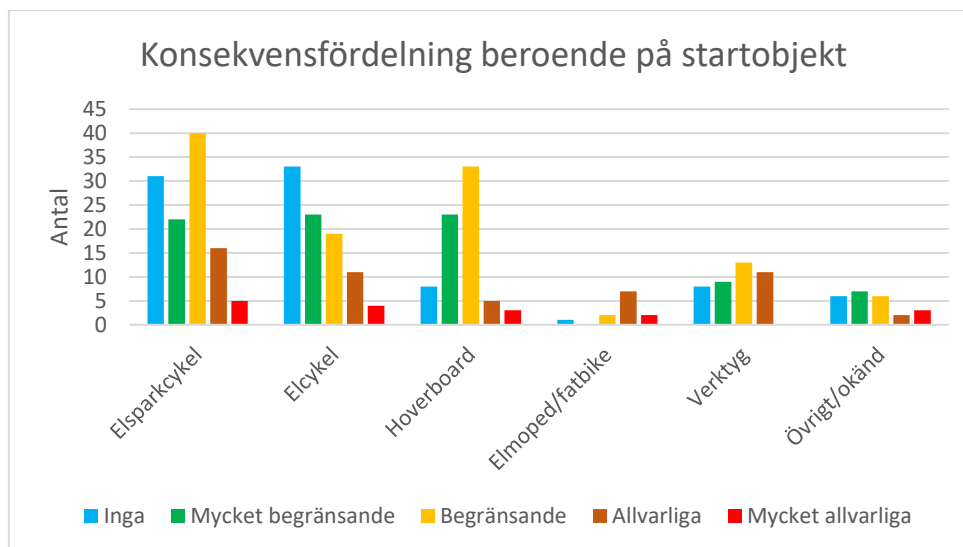


Figur 4-14, Konsekvensfördelning för de olika startutrymmena i övriga utrymmen.

I de händelser då branden har startat på platser som inte är bostäder har det oftast skett utomhus men det går även att se att dessa bränder oftast inte leder till några betydande konsekvenser. I jämförelse med när branden har startat inne i bostäder blir konsekvensen oftast lägre i övriga utrymmen.

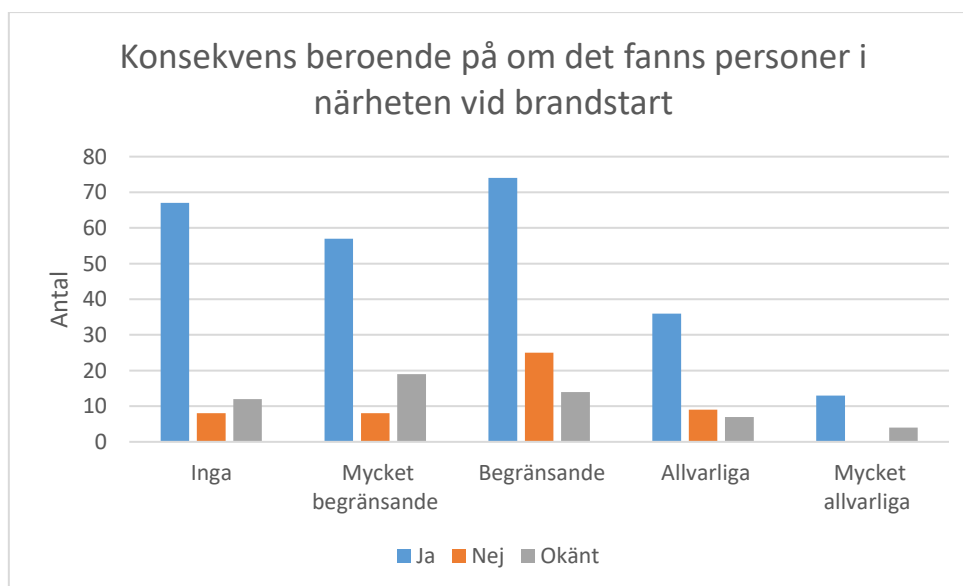
Det genomfördes även en analys för hur konsekvenserna har skilts åt beroende på vilket objekt branden startade i. I figur 4-15 nedan kan det ses att i de fall bränderna har startat i elsparkcyklar eller hoverboards har det oftast blivit begränsande konsekvenser och i fallen där det har startat i en elcykel har det oftast inte blivit några konsekvenser. Dock så har dessa objekt även lett till flest mycket

allvarliga konsekvenser. Det går även att se att i de händelser det har börjat brinna i verktyg har det inte i något fall lett till mycket allvarliga konsekvenser.



Figur 4-15. Antal och konsekvensfördelning på olika batteridrivna objekt.

Det genomfördes även en undersökning om det fanns personer i närheten vid brandstart och om det hade någon påverkan för konsekvensen. I figur 4-16 nedan kan det ses att i de fallen då händelserna ledde till mycket allvarliga konsekvenser har det nästan alltid varit personer i närheten och ett fåtal där det var okänt. Det kan även ses att i de fallen där det inte har befunnit sig personer i närheten har det oftast lett till begränsande konsekvenser.



Figur 4-16, Antal och konsekvensfördelning om det fanns personer, inte fanns personer eller okänt om personer fanns i närheten.

4.3 Scenarioanalys

I scenarioanalysen har 8 olika händelser analyserats mer grundligt genom att titta på bilder från olycksplatsen och viss information som saknats från händelserapporterna har förtydligats av utredare på Räddningstjänsten Syd. Samtliga bilder är hämtade från Räddningstjänsten Syd och tagna direkt efter släckningsinsatsen av den operativa styrkan eller i efterhand när det har genomförts en

brandutredning. Parametrar som anses vara intressanta och som har haft en påverkan på omständigheterna och konsekvenserna är markerade i **fet stil**.

4.3.1 Händelse 1

Brandstart

Vid ungefär klockan 03:00 antänder en **fatbike** som står på **laddning** i **vardagsrummet** i en **lägenhet** på andra våningen.

Inledande insats

Det finns ingen information om hur tidigt branden upptäckts eller om personerna var vakna men det fanns **ingen brandvarnare** i lägenheten. De fyra boende har inte kunnat släcka branden själva och har stängt in sig i sovrummet och larmat räddningstjänsten.

Rök- och brandspridning

Rökspridningen har skett till flera utrymmen och rum i lägenheten (figur 4–17 och 4–18). Röken har även spridit sig ut till balkongen och utomhus. **Viss rökspridning har skett till grannlägenheter**. Batteriet har varit i termisk rusning och brunnit. Brandspridningen har bara varit i vardagsrummet där branden startade och där objekt nära fatbiken har brunnit som till exempel Tv:n och madrassen (figur 4–19 och 4–20).

Räddningstjänstens insats

Som tidigare skrivits har personerna i lägenheten stängt in sig i sovrummet och kunde inte ta sig ut. När räddningstjänsten kom till platsen stod de boende i fönstret och var redo att hoppa. Personerna får då hjälp av räddningstjänsten och evakueras med hjälp av stege genom sovrumsfönstret.

Konsekvenser

I vardagsrummet har det blivit omfattande brandskador vilket kan ses i figur 4–17 och 4–19. I figur 4–20 kan det även ses att fatbiken har blivit helt utbränd. Det har även blivit rökskador orsakade av brandgaslagret i hallen vilket kan ses i figur 4–18. Även vissa grannlägenheter har blivit påverkade av rök. Personerna som befann sig i den drabbade lägenheten blev omhändertagna av ambulanspersonal och fick sedan följa med till sjukhuset då dem troligen har andats in en del rök. Konsekvensen för händelsen är satt som 5 (mycket allvarlig).



Figur 4-17. Bild från vardagsrummet där branden började. Fatbiken syns ligga på golvet. Hela rummet är brandpåverkat.



Figur 4-18, Hallen i lägenheten. Sotdeponering på övre delen av väggarna.



Figur 4-19, Fatbiken stod mot den vänstra väggen i vardagsrummet. TV:n och andra objekt i närheten har brunnit och smält.



Figur 4-20, Fatbiken som är förstörd av branden och madrassen i vardagsrummet.

4.3.2 Händelse 2

Brandstart

En **elmoped** stod förvarad i **vardagsrummet** i en **lägenhet** på nionde våningen när den spontanantände vid klockan **21:24**. Mopeden stod **inte på laddning** när den antände. Det fanns ingen information om hur tidigt branden upptäcktes men det fanns **ingen brandvarnare** i anslutning till branden. Personen som befann sig i den drabbade lägenheten beskrev dock förloppet som **snabbt och kraftigt**.

Inledande insats

Den boende genomförde inget släckförsök och tog sig direkt ut ur lägenheten, stängde dörren till trapphuset efter sig och sprang över till grannen.

Rök- och brandspridning

Branden var till största del koncentrerad till elmopeden då lägenheten var relativt omöblerad eftersom den var under renovering. Lite brandpåverkan kan ses på en intilliggande stol i figur 4–21. Rökspridning har skett inom lägenheten, det kan till exempel ses att det har varit rök i hallen i figur 4–22. Viss rökspridning skedde även till trapphuset under utrymningen samt vid räddningstjänstens insats. Batteriet är helförstört i fatbiken (figur 4–23).

Räddningstjänstens insats

Branden kunde släckas fort av räddningstjänsten med hjälp av pulversläckare.

Konsekvenser

Elmopeden som startade branden blev helt utbränd vilket kan ses i figur 4–24. Lägenheten blev rökskadad och var i behov av sanering innan den var beboelig igen. Personen som vistades i lägenheten föll ihop under samtal med restvärdesledare och **kontrollerades sedan av ambulanspersonal**. Det är troligt att personen andades in en del rök innan utrymningen men orsaken till att personen föll ihop är dock inte klarlagd. Konsekvensen av denna händelse är satt till 4 (allvarlig) på grund av att personen i lägenheten föll ihop kort efter händelsen samt att viss rökspridning skedde till trapphuset.



Figur 4-21, Rummet där branden startade. Fatbiken står bortre vägen på bilden.



Figur 4-22. Hallen i lägenheten. Rök har spridit sig i den övre delen av rummet



Figur 4-23. Batteriet som har brunnit inne i fatbiken.



Figur 4-24. Fatbiken som har varit startobjektet för branden i lägenheten.

4.3.3 Händelse 3

Brandstart

08:53 känner **arbetare på plats** att det luktar rök som kommer ifrån en container som används som ett **förråd**. Branden har enligt uppgifter startat i ett batteri till ett av verktygen som **inte var under laddning**. Från händelserapporten **saknades det information om brandvarnare fanns eller inte**.

Inledande insats

Arbetaren öppnar containern och lyckas släcka branden med två handbrandsläckare och därefter plockar de ut batteriet som ryker och är varmt från containern.

Rök- och brandspridning

I containern brann det på tre olika ställen och hela utrymmet var rökfyllt. En del material i containern blev brandpåverkat. Verktyget som började brinna syns på figur 4-25 och 2-26.

Räddningstjänstens insats

Branden var släckt när räddningstjänsten kom på plats men en del rök fanns fortfarande kvar i containern. En kontroll med värmekamera gjordes för att se om någon brand hade återantänts. Därefter ventilerades containern och övrigt brandpåverkat material togs ut.

Konsekvenser

Från figurerna 4-25 och 4-26 syns det att batteriet i skruvdragaren har brunnit. En del material som fanns i containern har blivit brandskadat. En av arbetarna har andats in en del rök under släckförsöket och får **åka vidare till sjukhus för kontroll** efter ambulanspersonalens bedömning. Konsekvensen för denna händelse är satt till 4 (allvarlig).



Figur 4-25. Skruvdragaren som har brunnit.



Figur 4-26. Batteriet till skruvdragaren.

4.3.4 Händelse 4

Brandstart

Kl. 21:27 startar en brand i en **elsparkcykel** med inbyggt batteri. Elsparkcykeln **stod på laddning** i en **lägenhet**. Det är **oklart om någon fanns i lägenheten** när branden startade och **information saknas om det fanns brandvarnare**.

Inledande insats

Oklart då information om inledande insats saknas men larm till SOS inkom under kvällstid. Från figur 4–28 syns pulver från en pulversläckare men oklart om den användes av personer i närheten eller räddningstjänsten. Elsparkcykeln är också flyttad från startutrymmet men även oklart här vem som har gjort det.

Rök- och brandspridning

Bara väggen bakom där elsparkcykeln stod är brandpåverkad (figur 4–28). Rökspridning i lägenheten är begränsad och inte spridit sig mer än i startutrymmet. Elsparkcykelns batteri har brunnit och svällt upp och släppt ut gaser (Figur 4–27).

Räddningstjänstens insats

Oklart om räddningstjänsten släckte själva eller om det redan var släckt när de kom på plats.

Konsekvenser

Som framgår i figur 2–28 har det inte blivit någon brandspridning mer än till närliggande vägg och brandgaserna har inte spridit sig mer än till startutrymmet. Konsekvensen har satts som 2 (mycket begränsande) i denna händelse eftersom ingen brandspridning har skett och inga personskador.



Figur 4-27. Batteriet i elsparkcykeln som har svullet upp under brand.



Figur 4-28. Platsen i lägenheten där elsparkcykel stod när den började brinna.

4.3.5 Händelse 5

Brandstart

Vid klockan **22:34** känner boende inne i närliggande villa **doft** av rök i källaren och kort därefter utlöser även en **brandvarnare** i villan. Efter en stund hittas en pågående brand inne i **garaget**. Det brinner då i en plasthink innehållande flertalet olika **batteridrivna verktyg** som **inte är på laddning**.

Inledande insatts

När personen har lokaliserat branden påbörjas ett **släckningsförsök** med en kolsyresläckare utan att lyckas. Kort därpå anländer en väktare från larmbolaget som finns kopplat till villan och bistår med en extra pulversläckare som ger bättre resultat och branden dämpas.

Räddningstjänstens insats

När räddningstjänsten ankommer till platsen är branden nästan släckt. De går in i garaget och släcker det sista av branden och börjar lämpa ut brandpåverkat material. Räddningstjänsten kontrollerar även villan eftersom ägaren kände doft av gas men inget läckage kunde upptäckas.

Konsekvenser

I figur 4–29 visas verktygen som har blivit skadade av branden. I figur 4–30 kan även en battericell som har skjutits iväg ses. I figur 4–31 visas även vart verktygen har varit placerade och det går även att se att garaget näst intill endast är påverkat av pulvret från brandsläckaren. Förhöjda värden av kolmonoxid uppmättes även av räddningstjänst inne i villan vilket kan ha berott på rökspridning från garaget då det inte var någon gasläcka men detta är inte klarlagt. Konsekvensen för denna händelse är satt till 3 (begränsande) eftersom det endast har skett en brandspridning till intilliggande material.



Figur 4-29, Tre bilder som visar olika verktyg som fanns inne i garaget. Alla har blivit skadade av branden.



Figur 4-30. I mitten av figuren på finns det battericeller som har skjutits iväg från batteriet.



Figur 4-31. Garaget där branden startade och där verktygen som brann var placerade

4.3.6 Händelse 6

Brandstart

Några boende i närheten uppmärksammade kl. 21:22 att det kom rök från **ett av garagen** där de tror att en bil brinner men det visar sig senare att det var en **elsparkcykel på laddning** som brann. Det **fanns ingen brandvarnare** i garaget.

Inledande insats

Personer i närheten försöker inte släcka branden utan håller sig på avstånd och ringer till räddningstjänsten.

Rök- och brandspridning

Rök kom ut från taket ovanför fyra av garageportarna. Ingen brandspridning hade skett till takkonstruktionen. En av elsparkcyklarna som fanns i garaget hade brunnit (figur 4-32) och ytterligare några andra elsparkcyklar var värmepåverkade. På golvet fanns battericeller från elsparkcykeln som hade skjutits iväg i garaget (figur 4-33). På figur 4-34 och 4-35 syns ett batteri från en elsparkcykel där det varit termisk rusning. Viss brandspridning har skett till några träreglar som befann sig intill startobjektet (figur 4-36) men övriga delar av garaget har inte påverkats av branden (figur 4-37).

Räddningstjänstens insats

Räddningstjänsten öppnar upp till garaget och sätter upp en avspärning runt garaget för att skydda personer från röken. Räddningstjänsten släcker därefter branden och ventilerar ut brandgaser.

Konsekvenser

I figur 4–37 kan det ses att det har skett viss brandspridning till träreglarna som var precis bakom den brinnande sparkcykeln och stor rökutveckling har skett. Ingen person har fått några skador och för denna händelse är konsekvensen satt som 3 (Begränsande).



Figur 4-32. Elsparkcykeln som var startobjektet för branden.



Figur 4-33. Battericeller som ligger på garaggolvet har skjutits iväg från elsparkkelen



Figur 4-34. Uttaget batteri från elsparkcykel där termisk rusning har skett.



Figur 4-35. Uttaget batteri från elsparkcykel där termisk rusning har skett.



Figur 4-36. Träreglarna bredvid elsparkcykeln som började brinna. Reglarna precis ovanför är brandpåverkade



Figur 4-37. Garaget där branden startade. Elsparkcykeln som brann var vid den högra vägen i garaget.

4.3.7 Händelse 7

Brandstart

Klockan **00:25** hörde lägenhetsinnehavaren en mindre **explosion och ett pysande ljud** från **sovrummet**. Personen går då och undersöker och ser att **batteriet till elcykeln** som var **på laddning** brinner. Brandförloppet uppfattas som **kraftigt och snabbt** av den boende. Det förklaras även att dörren till lägenheten var svår att öppna och boende beskrev att det kändes som att den ”sögs fast”. När personen lyckades ta sig ut genom dörren lämnades den sedan öppen.

Inledande insats

När branden upptäcktes utrymde den boende lägenheten men hade svårt att öppna ytterdörren. När personen sedan lyckades ta sig ut i trapphuset lämnades dörren till lägenheten öppen under tiden personen varnade grannarna.

Rök- och brandspridning

Batteriet som brann var placerat på golvet intill sängen i sovrummet och branden spreds vidare till sängen och träpanelen bakom sängen vilket kan ses i figur 4–38 och 4–39. Det har även skett en rökspridning till hela lägenheten och viss rökspridning till trapphuset eftersom dörren har varit öppen.

Räddningstjänstens insats

Räddningstjänsten släcker branden och ventilerar lägenheten och trapphuset. De kontrollerar även andra lägenheter i trapphuset för att säkerställa att ingen rökspridning har skett.

Konsekvenser

Batteriet som har hamnat i termisk rusning och startat branden kan ses i figur 4–40 och är totalförstört. Sovrummet är ganska kraftigt brand- och rökpåverkat och hela lägenheten är rökskadad då det har varit kraftig rökutveckling. Konsekvensen för denna händelse är satt till 4 (allvarlig) eftersom det även var rökspridning till trapphuset.



Figur 4-38, Sängen i sovrummet som är skadad från branden.



Figur 4-39, Sovrummet i lägenheten där branden startade. Objekten i rummet är brandpåverkade.



Figur 4-40. Batteriet som brunnit som har flyttats till en vask.

4.3.8 Händelse 8

Brandstart

Runt 03:52 vaknar **lägenhetsinnehavaren** av att **brandvarnaren ljuder** och ser att det brinner i en **elsparkcykel**. Elsparkcykeln har **stått på laddning** vid brandstart. I händelserapporten står det inte specifikt var elsparkcykeln stod när den började brinna men från figur 4-41 kan det utpekas att branden började i **hallen**.

Inledande insats

Den boende har flyttat ut den brinnande elsparkcykeln ut ur sin lägenhet och öppnat dörren ut till trapphuset. Under tiden elsparkcykeln flyttades exploderade batteriet och personen lämnade den i trapphuset. Den boende utrymmer sedan byggnaden och ringer till räddningstjänsten.

Rök- och brandspridning

Inne i hallen har det skett brandspridning till objekt som har varit i närheten av brandstarts platsen. Kläder, andra objekt och en hatthylla som har trillat ner har brunnit (figur 4-42). Väggen bakom i hallen är brandpåverkad (figur 4-43). I övriga delar av lägenheten har det blivit brandgasspridning men mest i hallen. Dörren ut till trapphuset stod öppen (figur 4-43) och det har skett brandgasspridning ut i trapphuset. Elsparkcykeln som står utomhus i figur 4-44 kan det ses att det har brunnit i batteriet. Det hittades även battericeller inne i trapphuset där elsparkcykeln stod när räddningstjänsten kom till platsen.

Räddningstjänstens insats

Det är kraftig rökutveckling från lägenheten och i trapphuset fanns det brandgaser. Räddningstjänsten säkerställer att inga personer fanns i trapphuset samtidigt som en röklucka i trapphuset öppnades. Branden släcks i lägenheten och en fläkt placeras för att få ut brandgaserna. En katt hittades i lägenheten och återupplivningsförsök påbörjades men de lyckas inte rädda katten.

Konsekvenser

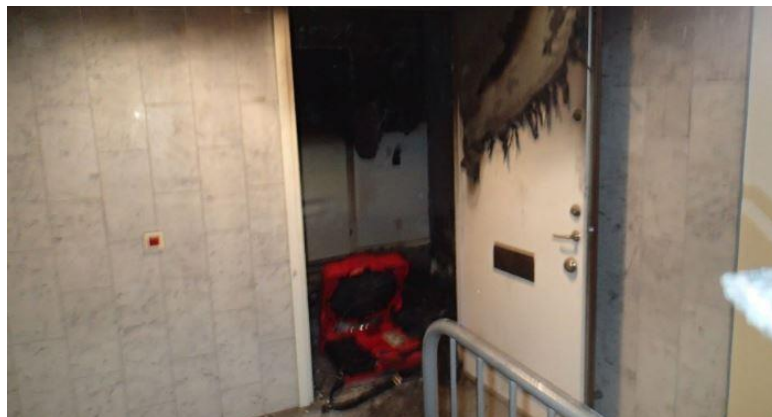
Hallen i lägenheten är mycket påverkad av branden och rökspridning har skett till övriga rum. Brandgasspridning har även skett till trapphuset. En katt lyckades inte räddas från branden. Två personer fick tas hand om av ambulans då de hade andats in brandgaser. Den ena är den boende då hen andades in gaser under tiden sparkcykeln flyttats ut från lägenheten. Den andra personen vistades i trapphuset och andades in brandgaser där. Händelsen har fått konsekvens 5 (mycket allvarlig) då det har blivit personskador från brandgaserna.



Figur 4-41. Hallen i lägenheten där elsparkcykeln började brinna.



Figur 4-42. På golvet i hallen fanns flera brandskadade objekt som till exempel en hatthylla.



Figur 4-43. Dörren in till lägenheten där det började brinna. Dörren lämnades öppen när lägenhetsinnehavaren sprang ut med batteriet.



Figur 4-44. Elsparkcykeln som brann som har flyttats utomhus.

4.3.9 Sammanställning av djupanalysen

I tabell 3 nedan presenteras en sammanställning för de händelser som analyserades djupare.

Tabell 3. Tabellen presenterar olika parametrar från de åtta händelserna i scenarioanalysen där händelsenummer är i första kolumnen.

Nr.	Startobjekt	Laddning	Personer i närheten	Brandvarnare	Tid	Startutrymme	Konsekvens
1	Fatbike	Ja	Ja	Nej	03:00	Vardagsrum (lägenhet)	Mycket allvarlig
2	Elmoped	Nej	Ja	Okänt	21:24	Vardagsrum (lägenhet)	Allvarlig
3	Verktyg	Nej	Nej	Okänt	08:53	Byggcontainer	Allvarlig
4	Elsparkcykel	Ja	Okänt	Okänt	21:27	Okänt (lägenhet)	Mycket begränsande
5	Verktyg	Nej	Ja	Ja (i villan)	22:34	Garage	Begränsande
6	Elsparkcykel	Ja	Nej	Nej	21:22	Garage	Begränsande
7	Elcykel	Ja	Ja	Okänt	00:25	Sovrum (lägenhet)	Allvarlig
8	Elsparkcykel	Ja	Ja (sovande)	Ja	03:52	Hall (lägenhet)	Mycket allvarlig

5 Diskussion

Diskussion gällande resultat sker i kapitel 5.1–5.6. I Kapitel 5.7 diskuteras lösningsförslag och råd och kapitel 5.8 diskuteras metod.

5.1 Startobjekt

De vanligaste startobjekten har varit elsparkcyklar, elcyklar och hoverboards. Troligen beror detta på att det finns fler av dessa produkter idag men eftersom det inte finns någon statistik för hur många elsparkcyklar och hoverboards det finns går detta inte att veta. Det finns sannolikt ett stort antal eldrivna verktyg men antalet för dessa är inte heller något som har kunnat hittas. Resultatet visade också att elsparkcyklar har varit det startobjekt där flest fall har lett till mycket allvarliga konsekvenser vilket kan bero att de har börjat brinna i större utsträckning men också många andra faktorer som till exempel startutrymme som diskuterades tidigare. I relation till antalet händelser har andelen av mycket allvarliga konsekvenser varit störst då bränderna har startat i elmopeder/fatbikes. Anledningen till detta kan vara att batterierna i dessa är större jämfört med till exempel elsparkcyklar och elcyklar och därmed innehåller mer energi samt att det finns mer brännbart material som kan medföra att branden blir större fortare även om inget annat brännbart material finns i närheten. I jämförelse kan ett batteri till fatbike/elmoped ha en kapacitet mellan 1000–3000 W (Fatbike Sweden, 2023) medan en elsparkcykel kan ha en kapacitet mellan 200–500 W (NetOnNet, 2023). Dessa värden kan dock variera en del mellan olika varumärken.

I fallen där verktyg har varit startobjektet visade det sig att inga av dessa händelser har lett till mycket allvarliga konsekvenser. Som tidigare nämnt har dessa bränder oftast startat i utrymmen som inte är bostadsmiljöer som till exempel garage eller utomhus. Detta kan då ha varit en bidragande faktor till att konsekvenserna inte blivit så stora eftersom detta är utrymmen där personer vistas mer sällan eller där brandgaserna kan ventileras bort. Batterierna i handhållna verktyg är även mindre i storlek och kapacitet jämfört med till exempel elmopeder och elcyklar vilket också kan vara en faktor till att konsekvenserna har blivit mindre allvarliga.

Figur 4–1 visade att det hade varit en liten ökning i bränder varje år de senaste fem åren. Anledningen till ökningen beror med största sannolikhet att användning av dessa typer av produkter ökar vilket därmed även ökar frekvensen av bränder. Enligt cykelbranschen (Stenberg, 2022) såldes över 94 000 elcyklar under åren 2021–2022 vilket då var en ökning på cirka 4 procent jämfört med tidigare år. Tyvärr har det inte hittats någon statistik över hur många elsparkcyklar, hoverboards eller eldrivna verktyg som har sålts de senaste åren. Den enda statistiken som går att hitta gällande elsparkcyklar är hur många uthyrningsbara sparkcyklar det finns i vissa storstäder men ingenting om privatägda. Bara i Stockholm finns det ungefär 9000 uthyrningsbara sparkcyklar (Miljöbarometern, 2023). Denna data är dock inte särskilt relevant då nästan alla bränder som har uppstått inomhus med största sannolikhet har startat i privatägda sparkcyklar och inte uthyrningsbara. Mellan åren 2018–2022 har det sålts över 450 000 elcyklar i Sverige (Miljöbarometern, 2023) och under denna tid har endast 90 bränder rapporterats in. I relation till hur många elcyklar det finns i Sverige är andelen som har börjat brinna väldigt liten. För ungefär varje 10 000 elcykel som har sålts har endast två börjat brinna. Även fast ingen information hittades gällande antalet verktyg och övriga fordon är det troligt att andelen som har börjat brinna är också väldigt liten för dessa produkter. Trots att det är en väldigt liten chans att dessa typer av produkter antänder är detta ändå ett problem då det i flera fall har lett till stora konsekvenser och målet bör vara att det aldrig ska inträffa.

I de flesta fallen blir det aldrig klarlagt varför batteriet har hamnat i termisk rusning och börjat brinna. Resultatet visade att det oftast sker under laddning men det går inte veta exakt varför batteriet gick i termisk rusning. Under laddning är det troligt att det blir någon form av elektriskt missbruk som till exempel överladdning (Bardé & Jaguemont, 2023). Grunden bakom kan vara något annat också då det är svårt att utesluta möjliga felkällor. Detta är dock något som nästan aldrig undersöks då det är svårt att göra när batteriet är för brandskadat eller att det inte är värt i ett kostnads-nyttaperspektiv. I de

fallen det är möjligt att undersöka vad orsaken till att termisk rusning har inträffat borde det göras för att kunna ta lärdom från händelsen för att förhindra att det inträffar igen. I de händelser där batteriet inte har varit under laddning är det vanligaste att batteriet har varit under användning. Anledning att branden startat under användning är svårt att bestämma. Det kan bero på att batteriet blivit överurladdat på en kort tid eller någon mekanisk påverkan på batteriet är anledningen men detta kan vara svårt att avgöra i efterhand. Ett fåtal har börjat brinna under service där det går att avgöra varför branden startade. Från information i händelserapporterna är det vanligast i dessa fallen att kortslutning har inträffat eller att batteriet har misshandlats.

5.2 Startutrymme

Resultatet visade att i det vanligaste startutrymmet i lägenheter var hallen, vardagsrummet och sovrummet medan det i vanligaste i villor och radhus var i källaren/förråd och i hallen. I båda av fallen är hallen en av de vanligaste platserna där branden har startat. I lägenheter beror detta förmodligen på att personer inte vill ha till exempel sin elsparkcykel stående utomhus på grund av stöldrisk och därmed parkerar den direkt innanför ytterdörren för att inte dra in smuts in i bostaden. Om man bara plockar in batteriet in till bostaden för laddning är det förmodligen också vanligt att ha det placerat i hallen för att det inte ska glömmas bort när boende lämnar. Ett stort problem med att förvara eller ladda batterierna i hallen är att om det skulle börja brinna kan en utrymningsväg bli blockerad. Detta är ett särskilt stort problem i lägenheter då det oftast endast finns en utrymningsväg vilket då skulle innebära att personer inte kan ta sig ut och i säkerhet om det skulle börja brinna. I hallen förvaras ofta kläder och jackor som består av relativt lättantändliga material vilket då kan leda till en snabb brandspridning och snabbt gör situationen okontrollerbar. Anledningen till att källare/förråd är det vanligaste startutrymmet i villor och radhus är troligen för att dessa bostäder oftast har mer tillgång till förråd och källare jämfört med personer som bor i lägenhet. Det visade sig även att då branden har startat i dessa utrymmen har konsekvensen ofta blivit hög i villor och radhus. Anledningen till detta beror troligtvis att personer inte befinner sig i dessa utrymmen särskilt ofta och att brandvarnare saknas vilket gör att detektionen sker sent och branden därmed hinner sprida sig och hinner bli stor innan den upptäcks. Totalt sett har det även inträffat fler händelser i lägenheter jämfört med villor och radhus vilket kan bero på att det bor fler människor i lägenheter. Enligt Statistikmyndigheten SCB (2023) bor cirka 50% av Sveriges befolkning i lägenheter medan cirka 40% bor i småhus.

I figurerna 4–5, 4–6 och 4–7 syns det att olika objekt är vanligare att brinna i respektive startutrymme. I lägenheter är det vanligare att ha elsparkcyklar, elcyklar i hall, vardagsrum och sovrum. I lägenheterna finns det ofta inte andra ställen att förvara sina elfordon då det ofta är en begränsad yta. I dessa tre utrymmen är det inte bra att de förvaras. I hallen kan det blockera utrymningsvägar och i vardagsrum och sovrum finns det ofta mer brännbart material som kan sprida branden vid en händelse. I villorna har de ofta tillgång till mer utrymmen för förvaring och därmed kunna ställa elsparkcyklar och elcyklar i källare/förråd. Det är bra att det står på ett mer säkert utrymme som källare/förråd. Dock är det fortfarande många bränder i hallen av elsparkcyklar och elcyklar i villor/radhus. För övriga platser är garage och utomhus vanligt för dessa två elprodukter. Garage är som förråd ett bra ställe att förvara sina mindre fordon och utomhus är bra då spridningsrisken blir mindre vid brand. För hoverboards är det vanligt att de börjar brinna i utrymmen som till exempel vardagsrum, hall och sovrum i både lägenheter och villor/radhus. Eftersom hoverboards är mer gjorda för inomhusbruk jämfört med till exempel elcyklar är det förväntat att dessa börjar brinna inomhus i större utsträckning. Att förvara dessa elprodukter på ett säkert ställe likt andra mindre elfordon är en rekommendation för att förhindra allvarigare konsekvenser vid brand.

Det visades även att i dem kända fallen har verktygen oftast börjat brinna i garage och utomhus. Endast ett fåtal har börjat brinna inomhus i bostadsmiljö och i flera av dessa fallen har det då varit under användning. Anledningen till att den största andelen av bränder i verktyg har startat i garage beror troligen på att dem oftast förvaras där när dem inte används och när dem laddas. I vissa av fallen

i kategorin övrigt har det varit utrymmen som till exempel byggbodas/containrar där verktygen troligen förvaras och laddas på byggarbetsplatser.

5.3 Tid på dygnet vid brandstart

I över hälften av alla fall har bränderna startat mellan 12:00-00:00 där något fler var under senare eftermiddag (15:00-18:00) och på kvällen (18:00-21:00). Att flest fall har inträffat efter kl. 15:00 och framåt kvällstid beror förmodligen på att under denna tid på dygnet är dem flesta hemma och har troligtvis satt till exempel sin elsparkcykel eller elcykel på laddning efter att den har använts under dagen. En del av bränderna startade under nattid vilket troligen är på grund av att batterierna laddas under natten för att de ska vara fulladdade till nästa dag. Det visade sig även att i minst 70% av fallen har det funnits personer i närheten när branden startade men att i minst tio av dessa fall har personerna sovit. Personerna har då vaknat av att till exempel brandvarnaren ljud eller av explosioner och smållar från batteriet. Det är dock troligt att det har varit fler än tio fall där personer har sovit eftersom många händelser har inträffat under natten men detta har då inte varit beskrivet i rapporterna.

5.4 Djupanalys

En gemensam nämnare för flera av dessa händelser som ledde till större konsekvenser är att brandförloppen har beskrivits som snabba och kraftfulla samt att personer har andats in en del brandgaser. Detta har berott på att brandens upptäckt har varit sen eller att släckningsförsök har genomförts. I fallet där ett verktyg hade börjat brinna upptäcktes inte branden förens den hade hunnit sprida sig och mycket brandgaser hade bildats men var fortfarande koncentrerad till förrådscontainern. Hade personerna i detta fall inte gjort något släckningsförsök hade förmodligen inte konsekvenserna blivit speciellt stora eftersom det inte var förens dem kom i kontakt med brandgaserna då konsekvenserna blev större. I fallet där elsparkcykeln som stod på laddning i hallen låg boende och sov och vaknade av att brandvarnaren ljud. När branden då uppmärksammades hade den redan hunnit sprida sig i lägenheten och personen andades in mycket brandgaser i samband med att ett försök att få ut sparkcykeln genomfördes. I denna händelse blev även en person i en annan lägenhet vårdad av ambulans efter att ha andats in brandgaser när de gick ut i trapphuset. Dessa händelser hade troligtvis inte blivit lika allvarliga om detektion hade skett tidigare samt om personerna inte hade försökt göra några egna åtgärder och i stället endast utrymt och hållit dörrarna till branden stängda. Gemensamt för några av de händelser som inte ledde till så allvarliga konsekvenser har också varit att det inte har funnits så mycket brännbart material i närheten vilket då har gjort att branden inte har kunnat sprida sig.

5.5 Händelser med mycket allvarliga konsekvenser

Utav de händelser där konsekvensen bestämdes till mycket allvarlig var det bara bränder som startade ifrån elcykel, fatbike, hoverboard, elsparkcykel eller permobil. Förutom hoverboard har dessa elfordon de största batterierna med störst effekt som kan vara anledningen till att bränderna har blivit allvarligare i dessa händelser. I de händelser där hoverboards har varit startobjektet har de varit placerade bredvid brännbart material som bidragit till snabb brandspridning vilket även ofta har varit fallet för övriga objekt. Alla skedde även under tiden batteriet stod på laddning och oftast var det under eftermiddagen eller kvällen. Från resultatet är brand vid laddning den vanligaste orsaken och även under eftermiddagen och kvällen är det vanligast.

Startutrymmet i lägenheter när konsekvensen har blivit 5 (mycket allvarlig) har oftast varit vardagsrum följt av sovrum och balkong (figur 4–12). Utifrån några av händelserapporterna har brandförloppet varit snabbt då en soffa eller säng har stått precis bredvid batteriet som brunnit och en snabb brandspridning kunnat ske. I händelse 1 syns det att andra objekt har varit i närheten av den brinnande fatbiken som förmodligen har lett till en snabb brandspridning. I flera händelserapporter saknas det information om brandförloppet har varit snabbt. Det finns många objekt i sovrum och vardagsrum som kan antändas och i dessa fall där konsekvensen har blivit mycket allvarligt har det förmodligen blivit ett snabbt brandförlopp. I flera av fallen är det ofta att personer i närheten som har

hört ”explosioner/smällar” som kan vara battericeller som skjutits iväg. Från tester som RISE utförde kunde battericeller flyga 9m ifrån det brinnande batteriet som kan antända andra föremål (Fjellgaard Mikalsen, et al., 2023). Om objektet då är placerat är i vardagsrummet eller sovrummet där det finns flera tändbara objekt kan en anledning till ett snabbt brandförlopp vara ivägskjutande brandceller.

I villor/radhus där konsekvens 5 (mycket allvarligt) är källare/förråd vanligt förekommande. I de händelserapporter där startutrymmet var källare/förråd var det inte tillräckligt med information om hur lång tid det tog innan branden upptäcktes. I dessa händelser har det oftast inte förekommit personskador utan branden totalförstörde det som fanns i startområdet. Det finns inte information om det fanns brandvarnare i dessa händelser men det skulle vara en bra lösning att installera brandvarnare i förråd/källare där man laddar batterier. Helst ska det då vara sammankopplat till övriga delar av huset så personer kan höra även om de inte är i närheten av förrådet.

I nästan alla fallen med konsekvens 5 (mycket allvarlig) har det varit personer i närheten. I flera av händelserna blev konsekvensen mycket allvarlig på grund av personskador, då personerna befunnit sig för nära branden. Då informationen om brandvarnare fanns eller inte ofta saknades i händelserapporterna kan anledningen till att det blev mycket allvarliga konsekvenser vara att branden inte upptäckts i ett tidigt skede. I flera av händelserna med konsekvens 5 har personer försökt släcka själva med en handbrandsläckare och under släckförsöket utsattes de för brandgaser från batteriet och övriga objekt. Flera personer fick då vård på plats samt åka med till sjukhus. I händelse 8 fick två personer vård av ambulanspersonal då båda hade andats in rök där ena andades in mycket rök som kom från batteriet. I två händelser blev personer fast i lägenheten och kunde inte ta sig ut. Ett av dessa fallen är händelse 1 där 4 personer inte kunde ta sig ut. I händelserna andades personerna in rök och behövde vård av ambulanspersonal och fördes till sjukhus. I dessa två händelser hade det kunnat sluta i mycket värre personskador om inte räddningstjänsten hade kommit i tid. En av händelserna där en permobil som stod på laddning började brinna i källaren medförde att branden/brandgaserna blockerade hallen vilket resulterade i ett dödsfall där en rullstolsburen person inte kunde ta sig ut.

5.6 Händelser med mycket begränsade eller inga konsekvenser

Majoriteten av händelserna där konsekvensen bestämdes till 1 (ingen konsekvens) var startutrymmet utomhus. En stor faktor till att bränderna inte kunde få större konsekvens är att branden inte kunde sprida sig till andra objekt samt att brandgaserna ventileras bort och är lättare att undvika. I de händelser som skedde utomhus som ledde till större konsekvenser hade något brännbart material precis bredvid branden antänts vilket då gjorde att branden kunde sprida sig vidare. I de flesta fallen blev det dock inte någon brand alls utan bara rökutveckling från batteriet samt en förhöjd temperatur.

Personer var nästan alltid i närheten när konsekvensen blev liten eller ingen som också kan ha varit en viktig faktor till att branden inte blev större. Någon person kunde snabbt ta hand om branden genom att försöka släcka den eller som många gjorde var att bära bort batteriet till en säker plats. Personer flyttade batteriet till sin balkong eller om de hade möjlighet kunna ta ut det utomhus. Att förflytta batteriet i ett tidigt skede där batteriet inte skulle kunna sprida sig till något brännbart som finns i närheten visade sig att vara en bra strategi. Risken finns dock likt händelse 8 att personen får i sig giftiga gaser under flytten av batteriet. En del gjorde släckförsök på batteriet med hjälp av handbrandsläckare innan de flyttade batteriet. Det hjälpte till med att minska den giftiga gasen från batteriet temporärt eller helt. I vissa fall sänktes batteriet ned i vattenfyllda hinkar som fungerade effektivt då det kyler batteriet och förhindrar återantändning.

Anledningen till att bränderna startade var olika för de låga konsekvenserna. Många var under laddning men i 23 fall från händelserapporterna hade batterier även utsatts för någon typ av mekanisk påverkan. En del var också under service där några kortslöts eller hanterades fel. Under dessa händelser fanns det alltid en person i närheten som kunde agera direkt om en brand började utvecklas i batteriet. En del av batterierna som var på laddning drog personer ut kontakten direkt när de började se rök som då kan ha minskat risken för att den termiska rusningen sprider sig till andra battericeller.

5.7 Lösningsförslag och råd

De flesta källor har för det mesta liknade råd när det gäller denna typ av batterier. MSB kommer med råd att hålla koll på batteriet om det har blivit skadat (MSB, 2023). Då ett mindre antal av händelserapporterna beskrev anledningen till att termisk rusning hade inträffat på grund av någon form av mekanisk påverkan på batteriet. Att undersöka elcykeln eller elsparkcykeln innan den sätts på laddning när man vet eller tror att den har fått en stöt kan förhindra att en brand utvecklas. Vid mekanisk påverkan av batteriet kan komponenter och battericeller skadas som kan vara orsaken till batteribränder. Då det inte är många händelserapporter där det är säkert att anledningen var mekanisk påverkan, kan det vara flera där det kan ha varit en bidragande faktor.

Från händelserapporterna är det många tillfällen där brännbart material har antänts som fanns bredvid batteribranden. I flera fall har en elcykel, elsparkcykel eller hoverboard varit placerade precis bredvid och i vissa fall på soffor, sängar eller andra möbler. Resultatet har varit att branden snabbt spridit sig från batteriet till dessa möbler. I flera händelserapporter som har bedömts som mycket begränsade eller inga konsekvenser har batteribranden inte kunnat sprida sig då inget brännbart material har varit inom räckhåll. Då flera källor ger samma råd att inte ladda precis bredvid brännbart material och på hårt underlag stämmer det bra överens med resultatet från denna rapport. Att förhindra spridningen av brand till andra objekt skulle i många fall kunna minska konsekvensen och är därmed ett bra råd.

Rådet att använda originalladdare eller CE-märkt laddare som är kompatibelt med batteriet eller UL-märkning som New York använder är ett råd som flera olika källor ger ut. Utifrån händelserapporterna finns det inte information om original laddare eller CE-märkta laddare användes när det började brinna. En del av händelserapporterna har branden startat från laddaren och inte i batteriet men anledningen till dessa bränder är okänt. Möjligtvis kan en annan laddare som inte rekommenderas använts men går inte att avgöra från informationen från händelserapporterna. I enstaka fall har det börjat brinna i hemmagjorda elsparkcyklar. Information saknas även där om batterirelaterade delar var CE-märkta och därmed kan inga slutsatser tas om CE-märkta batterier och laddare hjälper till att undvika bränder i batterier.

I ett av fallen blev det ett dödsfall där en person i rullstol inte kunde ta sig ut ur byggnaden då hallen var blockerad av branden. Branden hade startat i källaren och snabbt spridit sig till hallen. I enstaka händelser har personer inte kunnat utrymma på grund av batteribranden. Råd från MSB är att inte ladda batterierna i utrymningsvägar. Information från händelserapporterna visar att det kan bli mycket allvarliga konsekvenser om personer inte kan utrymma. I många fall i lägenheter har bränder startat i hallen som är den enda utrymningsvägen för majoriteten av lägenheter. I villor/radhus finns det ofta mer än en utrymningsväg och om hallen blockeras blir det då eventuellt inte lika allvarligt. Det har inte varit någon mycket allvarlig konsekvens när branden startat i hall men konsekvenserna kan bli stora som i händelse 1 om personer inte kan utrymma. När det blev ett dödsfall spreds branden och brandgaserna tillräckligt snabbt för att blockera utrymning. Att inte ladda batterier precis intill hallen i angränsade rum kan hjälpa att minska konsekvenserna. Då det blir en snabb rökutveckling vid batteribränder kommer gaserna snabbt sprida sig mot utrymningsvägen och blockera den.

I många händelserapporter med låg eller ingen konsekvens har personer kunnat upptäcka bränderna i ett tidigt skede. Personer har kunnat släcka, larma och utrymma tidigt i förloppet som har hjälpt att minska konsekvenserna. För en tidig upptäckt av branden hjälper det att personer är vakna och i närheten av branden. Råd som MSB och andra källor ger är bra då att vara vaken och hemma under laddning hjälper för att förhindra att allvarliga konsekvenser inträffar. Viktigt är också att ha fungerande brandvarnare. I händelse 8 vaknade lägenhetsinnehavaren av att brandvarnaren ljöd vilket ledde till att branden upptäcktes. Konsekvenserna blev mycket allvarliga i detta fall ändå men hade eventuellt kunnat leda till ett dödsfall om det inte hade funnits en brandvarnare som kunde larma och därmed väcka personen. I förråd har det blivit många allvarliga konsekvenser. Om en brandvarnare skulle finnas i dessa utrymmen skulle branden kunna upptäckas tidigare. Att ha brandvarnaren

seriekopplad till övriga delar av huset där personer vistas mer skulle vara ett bra råd för att tidigt upptäcka en eventuell brand.

Råd som Storbritannien ger som inte MSB ger är att inte täcka över objektet som laddas eller laddaren (National Fire Chiefs Council, 2022). Utifrån informationen i händelserapporterna och olycksutredningarna har det inte beskrivits specifikt att det har börjat brinna på grund av att batteriet har varit täckt, men det är fortfarande ett bra råd. Från teorin blir det värmeutveckling från batterierna och om batteriet är täckt kommer denna process påskynda uppvärmningen. Samtidigt kan det vara ett brännbart material som täcker batteriet som sedan kan leda till brandspridning om en brand startar.

Ett råd som skiljer olika källor åt är om släckförsök ska göras eller inte. Från Storbritannien råder de att inte göra släckförsök utan i stället utrymma, medan Brannfaglig Fellesorganisasjon från Norge säger att om möjligheten finns till släckförsök och inte personerna utsätts för en för stor risk, råder de att göra ett släckförsök och flytta ut batteriet utomhus på ett säkert avstånd från byggnader och utrymningsvägar. I många fall har det blivit mycket begränsande och inga konsekvenser när personer burit ut batterier utomhus eller till balkonger. Utomhus blir spridningsrisken mycket mindre och är ett bra ställe att flytta batteriet till. Detta har lett till att konsekvenserna har blivit mindre men det finns några händelser som har lett till mycket allvarliga konsekvenser på grund av släckningsförsök. I händelse 8 flyttade lägenhetsinnehavaren ut batteriet när det brann och avgav rök. Personen andades in mycket rök och fick vård av ambulans i den händelsen. Det har även varit flera fall där personer har försökt släcka och under släckförsöket andats in rök från batteriet. Det kan vara svårt att släcka en batteribrand då det lätt kan återantända men det finns några händelser där personer lyckats släcka. Det finns händelser där rådet att flytta batteriet har bidragit till mindre konsekvenser och tvärt om. Om det är möjligt och om personerna inte utsätts för en för stor risk, kan ett släckförsök vara bra eller eventuellt att flytta ut batteriet till en säker plats. Det är viktigt att inte utsätta sig för den farliga röken från batteriet när man försöker flytta batteriet eller släcka.

Ytterligare ett råd som Brannfaglig Fellesorganisasjon ger ut är att om möjligheten finns, är det bra att ladda batteriet utomhus. Från resultatet syns det att det inte blir några konsekvenser i majoriteten av händelserna när branden startat utomhus. Detta är då ett bra råd eftersom risken för brandspridning blir mindre om batteriet inte står i närheten av brännbart material. De rekommenderar också att hålla batteriet torrt, rent och i en frostfri miljö vilket dock blir svårare om batteriet förvaras utomhus. I ett fall har brandorsaken varit att ett batteri i en elsparkcykel varit vattenskadat. Detta kan möjligtvis ha varit orsaken till flera bränder men har då inte varit dokumenterat i händelserapporterna.

En lösning vid brand från händelserapporterna har varit att sänka ner batteriet i vatten. Kylningen av batteriet hjälper till att minska värmeutvecklingen från batteriet och kan förhindra att batteriet återantänds. En bedömning om det är säkert att flytta på batteriet vid brand och rökutveckling får göras av personerna på plats.

Då de flesta batterier börja brinna när de är under laddning skulle en lösning vara att ha enskilda fack eller skåp där batteriet finns under laddning. Det skulle vara bra för de som bor i lägenheter då dessa skåp möjligtvis skulle kunna placeras i en källare, de boende slipper då ställa batteriet på laddning i sina lägenheter som kan utsätta de för fara. Att ha rökdetektor vid dessa skåp skulle vara viktigt då upptäckten av brand i tidigt skede minimerar konsekvenserna. Att installera skåp för laddning kan även vara svårt att införa då plats för skåpen måste finnas och att stöldriskan ökar om batterierna inte förvaras inne i lägenheterna.

5.8 Metoddiskussion

Något som uppdagades under arbetet var att händelserapporterna varierade väldigt mycket i utförlighet. I många av fallen var händelsen endast beskriven med ett fåtal meningar och ingen information fanns om till exempel startutrymme, om den fanns brandvarnare eller om batteriet hade befunnit sig under laddning med mera. Detta gjorde det svårt att kunna få en bild över vad som hade

hämt och omständigheterna och konsekvenserna var svåra att bestämma. I flera rapporter var det inte heller klarlagt vilket objekt batteriet hade tillhört och valdes då att inte ta med i resultatet eftersom det fanns en osäkerhet gällande batteritypen. Personskador var ofta också inte beskrivet vilket ibland gjorde det svårt att bedöma konsekvensen. I många av fallen fanns bara information om att inblandade personer till exempel kontrollerades av ambulanspersonal eller att dem fick följa med till sjukhus men det fanns ingen tydligare beskrivning om vad dem hade för symptom eller skador. Detta är dock förståeligt då ansvaret för skadade personer lämnas över till sjukvårdspersonal när dem anländer till platsen och informationen kanske därmed inte ges till räddningstjänsten som skriver händelserapporten.

Flera av räddningstjänsterna som tillfrågades efter händelserapporter berättade även att de hade svårt att hitta rapporter i sina egna system. Detta berodde till största del på att det inte finns någon bestämd standard för hur räddningstjänsterna namnger de olika typerna av objekt vilket gjorde det svårt att söka efter rapporter samt att många rapporter då inte kommer att hittas i sökningen. En elsparkcykel kunde till exempel benämnas som en elspark, elscooter eller elkick.

Oavsett att över 400 händelser har analyserats är resultatet troligtvis inte helt sanningsenligt då det finns ett stort mörkertal bland bränder i dessa typer av produkter. Anledningen till att mörkertalet är så stort beror troligtvis på att det i många fall inte rapporteras in. Eftersom datan är tagen från händelserapporter kommer statistiken endast att grundas i händelser där räddningstjänsten har gjort en uttryckning. Om branden inte rapporteras in och räddningstjänsten inte gör en uttryckning kommer det inte skapas en händelserapport och därmed kommer det inte att föras in i statistiken. Under ett möte med Ulf som jobbar på MSB och har varit delaktig i sammanställningen för elfordon och eltransportmedel berättades det att om branden inte blir så stor eller allvarlig bryr sig personerna inte om att ringa till SOS (Bergholm, 2023). Ulf bedömde även att mörkertalet blir väldigt stort på grund av att denna typ av produkter har ett relativt litet värde och att personer då inte bryr sig tillräckligt för att rapportera utan i stället slänger och köper nytt (Bergholm, 2023). Det rapporteras ofta inte ens in till försäkringsbolag på grund av att självriskan kanske är lika dyr som produkten och då känner personer att det inte är värt att rapportera och att det är för omständligt.

Valet av parametrarna som eftersöktes i rapporterna togs fram i syfte att efter sammanställningen av resultatet skulle det vara enklare att svara på arbetets frågeställningar. Om batteriet var på laddning, om det fanns personer i närheten, startutrymme och om det fanns en fungerande brandvarnare i närheten är alla parametrar som hjälper till att svara på hur omständigheterna har sett ut. Sedan har även övrig information som funnits beskriven i händelserapporterna också hjälpt till att förklara hur omständigheterna har sett ut i vissa fall. Den övriga informationen har även använts för att bestämma konsekvenserna i dem flesta fallen vilket är arbetets andra frågeställning. Tidigare nämnda parametrar kunde även hjälpa till att i vissa fall förklara varför konsekvenserna blev som de blev och med hjälp av den informationen kunde råd och lösningsförslag tas fram.

En parameter som inte undersöktes under arbetet var hur ofta det har genomförts släckförsök innan räddningstjänstens framkomst och hur ofta dessa har lyckats eller misslyckats. Denna parameter hade varit intressant att ta i beaktning eftersom den kan påverka konsekvensen för händelsen väldigt mycket. Ett lyckat släckförsök kan göra att inga konsekvenser för egendomsskador uppstår men det kan även innebära att personerna som försöker släcka branden utsätts för brandgaser och därmed blir konsekvensen för personskador mycket allvarligare i stället i jämförelse med om dem hade utrymt direkt. Det hade då varit intressant att göra en undersökning och om det fanns någon koppling och se hur konsekvenserna varierar beroende på om det har genomförts något släckningsförsök eller inte. Detta var dock något som uppdagades under arbetets slutskede och tid fanns inte att följa upp detta. Det hade även varit intressant att göra en vidare analys gällande brandens upptäckt. Två parametrar som påverkar hur snabbt bränderna upptäcks är om det finns personer i närheten och om det finns brandvarnare. Det hade då varit intressant att se om det finns någon trend om parametrarna skulle

samtidigt jämföras och se hur det påverkar konsekvensen. Detta var dock svårt eftersom informationen oftast var otillräcklig.

Konsekvensskalan är satt som en kvantitativ skala, se Tabell 2, som försöker väga in personskador och egendomsskador. Beroende på hur konsekvensskalan är utformad skulle det kunna ha en påverkan på hur resultatet blir. Genom att till exempel dela upp konsekvensen där personskador och egendomsskador redovisas separat eller om till exempel bara personskador togs i beaktning skulle resultatet i många fall vara annorlunda. I flera händelser blev det inte speciellt stora skador på egendom utan det var personskador som gjorde att konsekvensen bedömdes allvarligare och tvärt om. I definitionen av skalan användes även rökspridning och brandspridning till andra brandceller som en faktor som påverkar konsekvensen. Denna faktor är dock svår att använda vid bränder i till exempel villor eftersom dessa vanligtvis inte är indelade i olika brandceller till skillnad från lägenheter. I dessa fall gjordes då en bedömning för hur omfattande skadorna blev i huset, om till exempel branden resulterade till att det var rök- och brandspridning i hela villa på flera våningsplan eller om villan blev totalförstörd sattes konsekvensen som mycket allvarlig.

För att bedömningen av konsekvenserna skulle bli så objektiv som möjligt gjordes bedömning först enskilt och sedan jämfördes resultaten med varandra. I de flesta fallen var dock bedömningen lika eftersom samma definition har använts men i vissa fall skildes de åt. En Confusion Matrix har gjorts som presenteras i tabell 4 nedan. Confusion Matrix är ett verktyg för lösa och presentera klassificeringsproblem. Av de 353 händelserapporterna bedömdes 109 konsekvenser olika. I dessa fallen bedömdes de igen gemensamt av båda skribenterna för att sätta en slutlig konsekvens. Ifrån confusion matrix bedömdes konsekvenserna lika i ca 69 % av händelserna.

Tabell 4. Confusion Matrix av bedömningen av konsekvens för händelserna.

		Skribent 1				
		Konsekvens	1	2	3	4
Skribent 2	1	77	18	1	0	0
	2	4	61	19	0	0
	3	0	17	78	15	0
	4	0	1	21	20	7
	5	0	0	0	6	8

I början av arbetet tänktes endast händelser där branden har startat i batteriet väljas ut. Under arbetets gång upptäcktes det dock att i flera fall hade branden startat i batteriladdaren och då gjordes valet att även plocka med dessa händelser om laddaren var kopplad till batteriet då laddaren ansågs vara en ”del” av batteriet. I vissa fall var det även svårt att avgöra om det var batteriet eller batteriladdaren som var brandstiftaren om båda hade blivit brandpåverkade.

Som tidigare skrivet har variationen gällande informationen i händelserapporterna varit väldigt stor och har gjort det svårt att förstå vad som verkligen har hänt. Detta har inte bara påverkat resultatet i arbetet utan också lösningsförslagen. För att kunna förhindra att dessa typer av bränder leder till allvarliga konsekvenser måste det tas lärdom för vilka faktorer som spelar stor roll i händelseförloppen. Detta blir väldigt svårt att göra om händelsen inte är utförligt beskriven då det inte finns någon information att gå på. Räddningstjänsterna borde därmed försöka bli bättre på att förklara vad som har inträffat mer tydligt. Det är förståeligt att detta kan vara svårt i vissa fall då det kan vara svårt att skriva ned anteckningar under en pågående utryckning och att viss information då glöms bort när händelserapporten sedan ska skrivas. Inkommer dessutom nya larm kort därpå så att rapportskrivningen fördröjs ännu mer blir det ännu svårare att komma ihåg vad som hänt samt att vissa delar kanske blandas ihop från olika tillbud. En aspekt som ofta saknades men som hade varit mycket hjälpsam i detta arbete är även information om mänskligt beteende från händelserna.

6 Slutsats

Resultatet visade att batteribränder i dessa typer av produkter oftast inträffar i elsparkcyklar till följd av elcyklar och hoverboards. Av de 353 händelser som har använts i undersökningen bestod 114 av dessa fallen av elsparkcyklar. Generellt har det skett ökning av bränder den senaste 5 åren i dessa typer av produkter. Undersökningen visade även att i ungefär hälften av alla fallen har branden startat när batteriet har varit på laddning men för hoverboards är andelen betydligt större. Bränder i dessa typer av produkter inträffar även oftast i bostäder där lägenheter står för den största andelen. I de fall bränderna har startat i övriga utrymmen har flest inträffat utomhus eller i garage. Inom bostäder är det vanligast att branden startat i hallen, vardagsrummet eller sovrummet i lägenheter och i villor och radhus är det vanligaste startutrymmet källare/förråd, hallen och vardagsrummet. Det är vanligast att bränderna inträffar under kvällstid mellan 18:00-00:00 men ett stort antal inträffar även tidigare under dagen mellan 12:00-18:00. Det visade sig även att i 70% av fallen har det funnits personer i närheten när branden har startat.

I undersökningen visade det sig även att i de flesta fallen leder batteribränder i dessa typer av produkter till begränsande konsekvenser eller lägre. Dock har ett flertal händelser lett till allvarliga eller mycket allvarliga händelser och dessa har då oftast inträffat i bostäder. I lägenheter har flest allvarliga eller mycket allvarliga konsekvenser inträffat då branden har startat i sovrummet, vardagsrummet och i hallen och i villor och radhus när den har startat i källare/förråd.

Det misstänks även att det finns ett stort mörkertal i antalet bränder som sker. Detta beror då på att bränderna inte blir speciellt allvarliga och att räddningstjänsten då inte larmas. Värdet i produkterna är inte heller tillräckligt stort för att rapportera in till försäkringsbolag utan i stället slänger man bara produkten och köper nytt. Trots ett stort mörkertal är det inte speciellt vanligt att batterierna börjar brinna. För de flesta produkterna finns det ingen data för hur många som har sålts men när dem kommer till elcyklar visade det sig att av dem över 450 000 sålda elcyklarna den senaste fem åren har endast 90 bränder lett till en uttryckning av räddningstjänsten. Trots den låga frekvensen av batteribränder har det dock inträffat flertalet allvarliga incidenter och därmed har det tagits fram lösningsförslag för vad som kan göras för att minska antalet samt konsekvensen för när dem väl inträffar.

Ett antal råd och rekommendationer kan dras från resultatet. Att undersöka batteriet och hålla koll på batteriet när det har blivit skadat. För att förhindra att batteribranden sprider sig rekommenderas det att ladda på en hård yta och inte närheten av brännbart material och täck inte över batteriet eller laddaren vid laddning. Om möjligt förvara och ladda batteriet utomhus och på en torr plats helst. Vid förvaring och speciellt vid laddning av batteriet råds det att inte ha det i en utrymningsväg då det kan blockeras vid brand. Vid laddning, se till att någon är hemma, är vaken och att det finns fungerade brandvarnare för att kunna upptäcka branden tidigt. Om batterier förvaras i källare, förråd eller garage ha en brandvarnare som är seriekopplad med andra brandvarnare. Om det inte är en för stor risk kan det vara bra att försöka släcka batteriet eller flytta det utomhus och bort från utrymningsvägar men endast om detta kan göras på ett säkert sätt. Om möjligt sänk ner batteriet i vatten för att förhindra att batteriet återantänds.

7 Vidare forskning

Som tidigare nämnt har det inte gjorts någon undersökning om hur ofta det har genomförts släckningsförsök och hur ofta dessa har lyckats eller misslyckats. Detta hade varit en intressant faktor att studera djupare och även undersöka hur detta har påverkat konsekvenserna.

Under arbetet försöktes det även få kontakt med försäkringsbolag utan att lyckas. Skulle vidare studier genomföras inom ämnet hade det kunnat vara bra att få en vidare inblick hur olika försäkringsbolag hanterar dessa händelser och hur de ser på problemen samt om de har krav för hur dessa typer av batterier ska förvaras för att till exempel försäkringen ska gälla och täcka kostnaden om det blir stora skador.

Vidare studier skulle även kunna göras för kommande år för att se om eller hur trenderna har förändrats samt om eventuellt nya råd och regleringar har tillkommit och vad dessa då har haft för påverkan.

8 Referenser

- Ahuja, R. o.a., 2021. How to avoid dendrite formation in metal batteries: Innovative strategies for dendrite suppression. *Nano Energy*, Volym 86.
- Amon, F., Bisschop, R., Rosengren, M. & Willstrand, O., 2019. *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*, Borås: Research Institutes of Sweden AB.
- Anderson, J. o.a., 2020. *Toxic Gases from Fire in Electric Vehicles*, Borås: RISE Research Institutes of Sweden AB.
- Andersson, P. o.a., 2018. *Lion Fire: Extinguishment and mitigation of fires in Li-ion batteries at sea*, Borås: RISE Research Institutes of Sweden AB .
- Andersson, P., Blomqvist, P., Lorén, A. & Larsson, F., 2013. *Investigation of fire emissions from Li-ion batteries*, Borås: SP Technical Research Institute of Sweden.
- Andersson, P. o.a., 2017. *Safe introduction of battery propulsion at sea*, Borås: RISE Research Institutes of Sweden AB .
- Ariola, J., Cordero, R. & Vazquez, A., 2022. *Oversight: E-Bikes and Lithium-ion Battery Fire Safety*, New York: The council of the city of New York.
- Bardë, F. & Jaguemont, J., 2023. A critical review of lithium-ion battery safety testing and standards. *Applied Thermal Engineering*, Volym 231.
- Batteriföreningen, 2019. *Batteriföreningen*. [Online]
Available at: <https://batteriforeningen.se/litium-jon>
[Använd 11 2023].
- Bergholm, U., 2023. [Intervju] (12 oktober 2023).
- Brannfaglig Fellesorganisasjon, 2022. *Brannfaglig Fellesorganisasjon*. [Online]
Available at: <https://www.bfobrann.no>
[Använd 10 November 2023].
- Chen, C. o.a., 2012. Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery. *Journal of Power Sources*, Volym 208, p. 210–224.
- Electrical Safety First, 2023. *Battery Brekdown*, u.o.: First, Electrical Safety.
- Energimyndigheten, 2023. *energimyndigheten.se*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/batterier/>
- Energimyndigheten, 2023. *energimyndigheten.se*. [Online]
Available at: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/sveriges-elektrifiering/>
- Fatbike Sweden, 2023. *fatbikesweden.se*. [Online]
Available at: <https://fatbikesweden.se/>
[Använd 13 12 2023].
- Fjellgaard Mikalsen, R., Meraner, C. & Siren Fjærestad, J., 2023. *Rømning ved brann i litium-ion batteri i elsparkesykkel*, Trondheim: RISE Research Institutes of Sweden AB .
- Jonsson, M., 2021. *riksdagen.se*. [Online]
Available at: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/motion/reglera-elsparkcyklar_h9021299/

- Kammarkollegiet, 2023. *Kammarkollegiet*. [Online]
Available at: <https://www.kammarkollegiet.se/vara-tjanster/forsakring-och-riskhantering/forsakringar-for-verksamhet-luftfartyg-och-skepp/verksamhetsforsakring/forsakringsvillkor-verksamhetsforsakring-2023?fbclid=IwAR1eZ78QRN7J7-fYs6P1Pk2xW-zX0BhdBacVILHGpqA05C3U8-EE8zW>
[Använd November 2023].
- Karen, Z. & Sedacca, M., 2022. Woman and Child, 5, Die in a Harlem Fire Sparked by an Electric Scooter Battery. *The New York Times*, 5 Augusti.
- Miljöbarometern, 2023. *Miljöbarometern*. [Online]
Available at: <https://miljobarometern.stockholm.se/trafik/cykeltrafik/antal-elsparcyklar-i-trafik/antal-fordon/>
[Använd 20 11 2023].
- Miljöbarometern, 2023. *Miljöbarometern*. [Online]
Available at: <https://2030.miljobarometern.se/nationella-indikatorer/bilen/antal-salda-cyklar-och-elcyklar-b11/>
[Använd 20 11 2023].
- MSB, 2023. *msb.se*. [Online]
Available at: <https://www.msb.se/sv/rad-till-privatpersoner/brandsakerhet-i-hemmet/ladda-batterier/>
[Använd 9 11 2023].
- MSB, 2023. *msb.se*. [Online]
Available at: <https://www.msb.se/rib/>
[Använd 14 11 2023].
- MSB, 2023. *Sammanställning av bränder i elfordon och andra eltransportmedel år 2018-2022*, Karlstad: MSB.
- National Fire Chiefs Council, 2022. *National Fire Chiefs Council*. [Online]
Available at: <https://nfcc.org.uk>
[Använd 10 November 2023].
- NetOnNet, 2023. *netonnet.se*. [Online]
Available at: <https://www.netonnet.se/art/hem-fritid/elfordon/elsparkcykel>
[Använd 13 12 2023].
- Statistikmyndigheten SCB, 2023. *scb.se*. [Online]
Available at: <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/boende-i-sverige/>
[Använd 13 12 2023].
- Stenberg, J., 2022. *Cykelbranschen*. [Online]
Available at: <https://news.cision.com/se/cykelbranschen/r/ny-branschstatistik-forsaljningen-av-elcyklar-okar,c3645390>
- Svenberg, J., 2021. Kunskap byggs upp om batteririsker. *BrandSäkerhet*, 07 06.
- Winnie, H., 2023. The City's Plan to Limit E-Bike Battery Fires. *The New York Times*, 20 Augusti.