



Forskning och innovation inom batteriteknik – utveckling och tillämpning av ny analysmetod baserad på patentansökningar och vetenskapliga publikationer

2022-09-12

Måns Marklund, Cascelotte AB

Hans Pohl, Pohl Research & Innovation AB

Sammanfattning

Den unika metoden att mäta utfall i form av både kvantitet och kvalitet från vetenskapliga publikationer och patentansökningar¹ framstår som lovande för ökad förståelse av teknisk utveckling och innovation. Det fåtal tidigare studier som kombinerar dessa båda datakällor har inte haft med kvalitetsaspekten, dvs indikatorer som på något sätt återspeglar vilken effekt (impact) som publikationen har haft. Kvalitetsrelaterade indikatorer använda i denna studie har varit citeringsgenomslag för vetenskapliga publikationer och Technology Business Index för patentansökningar.

Kopplingarna mellan patentansökningar och vetenskapliga publikationer visade sig emellertid arbetskrävande att ta fram. På dokumentnivå studerades vilka vetenskapliga alster som svenska patentansökningar hänvisade till. Detta var genomförbart men krävde många manuella mellansteg. Än mer tidskrävande var att på aktörsnivå studera vilka personer och organisationer som har både patentansökningar och vetenskapliga publikationer inom batteriområdet.

Mycket arbete investerades också i sökfrågan för att hitta rätt publikationer i Scopus, den bredaste databasen med metadata för vetenskapliga publikationer. Med hjälp av en kvalificerad referensgrupp utvecklades sökfrågan i flera iterationer med mellanliggande kvalitetsgranskning. En fördel med vald ansats är att sökfrågan kan och kommer att återanvändas vid fortsatta studier av batteriforskningen. Jämfört med tidigare bibliometriska studier på batteriområdet framstår sökmetodiken som gedigen.

En faktor att beakta är att antalet patentansökningar inom området i Sverige och några av de andra mindre länderna i studien är begränsat, varför resultaten trots att vi vägde samman data för flera år bör tolkas med viss försiktighet. Vi gör bedömningen att metoden går att applicera på i princip vilket tekniskt område som helst, så länge det finns en rimlig sannolikhet att sökfrågorna för de två datamängderna kommer att ge ett utfall som är jämförbart i tekniskt innehåll.

Kinas utveckling är häpnadsväckande både vad gäller vetenskapliga publikationer och patentansökningar inom batteriområdet. Från att i början av 2000-talet stå för en marginell del står de i slutet av mätperioden (2014–2019) för majoriteten. Även "kvalitetsmässigt" har Kina haft en positiv utveckling, för den vetenskapliga delen ligger utfallet i världsklass, för patentsidan har kvaliteten haft en positiv utveckling under hela 2000 talet och hamnar nära men under världsgenomsnittet under den senare delen.

Inom batteriteknik har Japan, Sydkorea och Tyskland konsekvent ett större antal patentansökningar än de har antal vetenskapliga publikationer. Detta skiljer sig från de andra länderna i studien som har ett omvänt förhållande med en ofta betydligt större andel vetenskapliga publiceringar än patentansökningar. Sverige och Kanada har ca. 6,5 gånger så många vetenskapliga dokument som patentansökningar under perioden 2014–2019. Även Kina har fler patentansökningar än publiceringar i den sista ingående mätperioden (2014–2019).

Kanada och USA har överlägset högst resultat i de kvalitativa måtten för både vetenskapliga publikationer och patentansökningar inom batteriteknik. Sydkorea och Tyskland har låga resultat för "kvalitet" när det gäller patentansökningar.

Sverige har höga värden på kvalitet för vetenskapliga publikationer och något bättre än världsmedelvärdet för patentansökningar. Antalet och tillväxttakten för vetenskapliga alster är mycket låg i början av 2000-talet för att hamna på en jämförelsevis bra nivå i den senare delen. Vidare har Sverige i

¹ Patentansökning används som samlingsnamn för ansökningar och beviljade patent, eftersom det senare i princip bara utgör en förändrad status för ansökan

en internationell jämförelse lågt citeringsgenomsnitt för vetenskapliga publikationer samförfattade mellan akademi och företag.

Skillnaden kan bero på olika traditioner på patenteringsområdet. Det kan också vara så att Sverige på grund av sin begränsade batteriindustri får en lägre andel. Utifrån den linjära modellens synsätt skulle man kunna anta att Sverige nu bygger upp en kunskapsbas genom forskning som senare kan komma att omsättas i patentansökningar. Samtidigt bör noteras att Sverige, till stor del på grund av Kinas dramatiska volymtillväxt i vetenskapliga alster, snarare minskar än ökar sin publikationsandel i ett globalt perspektiv.

Med bas i ovan föreslås följande:

1. Involvera batteriforskare inom akademi och industri att ta del av ovan resultat.
2. Detaljstudera samarbete forskning-industri:
 - a) Undersök förutsättningar och hinder (regelverk, incitament etc.).
 - b) Jämför med Tyskland och möjligen USA/Kanada.
3. Följ upp kvalitetsutveckling – (academic - corporate co-publications).
4. Följ upp utveckling av patentering och analysera insatser för att öka volym och värde på patentportföljen.

Innehåll

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Förord..... | 5 |
| 2 | Inledning..... | 6 |
| 2.1 | Bakgrund | 6 |
| 2.2 | Syfte och mål | 6 |
| 3 | Metod..... | 7 |
| 3.1 | Metod – Definiera teknikområdet | 8 |
| 3.2 | Metod – Datainsamling och bearbetning | 8 |
| 3.3 | Metod – Definiera utfallsparametrar | 8 |
| 3.4 | Metod - Söka samband..... | 9 |
| 3.4.1 | Namnanalys | 9 |
| 3.4.2 | Citeringsanalys..... | 9 |
| 4 | Resultat | 10 |
| 4.1 | Övergripande resultat | 10 |
| 4.2 | Resultat namnanalys patentansökningar och vetenskapliga publikationer Sverige | 18 |
| 4.3 | Resultat citeringar i batteripatentansökningar, Sverige | 20 |
| 5 | Diskussion av metod och resultat ur ett svenskt perspektiv | 21 |
| 6 | Referenser | 24 |
| 7 | Bilagor | 25 |
| | Bilaga A. Metod – Sökmetodik och urval vetenskapliga publikationer | 25 |
| | Bilaga B. Metod - Sökmetodik och urval av patentansökningar | 28 |
| | Bilaga C. Metod - Kvalitetsvärdering av Patentansökningar med TBI | 31 |
| | Bilaga D: Senaste om batteriforskning i Sverige fram till 2021 | 34 |

1 Förord

Förståelsen för innovation och hur olika strategier och policys på nationell nivå påverkar antalet innovationer är central för en kunskapsnation som Sverige. I den här studien har en metod för att mäta och följa upp forskning och innovation inom Batteriteknik utvecklats och utvärderats. Metoden innebär att kvantitativa och kvalitativa mått på både vetenskapliga publikationer och patentansökningar studerats för ett och samma teknikområde. Vidare har kopplingar mellan vetenskapliga publikationer och patentansökningar från svenska forskare och företag analyserats genom att studera bidrag på författar- och uppfinnarnivå och citeringar.

Studien har genomförts av Måns Marklund, Cascelotte AB (projektledare) och Hans Pohl, Pohl Research & Innovation AB, på uppdrag av Energimyndigheten.

Som kvalitativa mått på vetenskapliga publiceringar har genomgående använts fältnormerat citeringsindex FWCI (Field Weighted Citation Index) samt top10%Cited. Båda dessa mått bygger på citeringsgrad av vetenskapliga publikationer. Således ett mått på i hur stor utsträckning publikationer har använts som underlag till nya forskningsartiklar och därför citerats som en referens.

Som kvalitativt mått för patentansökningar används måttet Technology Business Index (TBI). TBI är ett värde som bygger på indikatorer i patentdata som anses påverka en patentansökans teknologiska och ekonomiska värde. TBI är framarbetat av Cascelotte AB och bygger på vetenskapligt välgrundade indikatorer och metoder. En beskrivning av TBI finns i bilaga C.

Måtten FWCI, Top10% och TBI är indikationer på kvalitet men kan inte sägas utgöra kompletta mått på kvalitet i något avseende.

En av de största utmaningarna vid denna typ av studier är förmågan att skapa och välja rätt sökfrågor för att definiera ett specifikt teknikområde, i detta fall batteriteknik. I detta avseende har två expertgrupper konsulterats:

För hjälp med definitioner och insamlande av patentdata har Patent- och Registreringsverket bidragit med en expertgrupp på söktjänster och batteriteknik: **Ingrid Eklund**, enhetschef enheten för utbildning och kunskap, **Charlotte Galant**, strategisk samordnare, **Thomas Erlandsson**, patentingenjör elektroteknik (batterier) och **Ulrika Nilsson**, patentingenjör kemiteknik (batterier).

För hjälp med framtagning av sökfråga och definitioner för vetenskapliga publikationer "papers" har en expertgrupp bestående av: **Patrik Johansson**, Professor i Materialfysik, Chalmers tekniska högskola; **Josh Tomas**, professor emeritus i fasta tillståndets elektrokemi, Uppsala universitet och **Greger Ledung**, sakkunnig batteriforskning, energimyndigheten.

Gruppernas bidrag har varit ytterst värdefullt för den här studien. Stort tack till alla experter!

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Svensk teknisk utveckling och innovation utförs till stora delar i enlighet med den s.k. trippelhelix modellen, dvs genom ett interagerande mellan Akademi (Universitet/Högskolor) – Industri (Företag) och Samhälle (Staten). För att mäta resultat från innovation och utveckling utgår Cascelottes analys från en linjär innovationsmodell där utveckling och innovation antas ske med grunden i forskning och utveckling som går att mäta och följa upp genom att analysera utfall i form av publicerade vetenskapliga alster. Resultatet av denna forskning och utveckling påverkar möjligheten till industriella tillämpningar som kan mätas genom utfall i form av patentansökningar. Analys enligt den linjära innovationsmodellen innehåller även mätning av resultat i form av för samhället viktig uteffekt, exempelvis som antal nystartade företag, tillströmning av externt kapital, antal nya arbetstillfällen och innovationernas användning och nytta.

Det bör noteras att den linjära modellen har begränsningar och att mer sammansatta innovationssystem dominerar som förklaringsmodeller. Balansen mellan forskning och innovation i termer av vetenskapliga publikationer och patentansökningar är dock av stort intresse som ett perspektiv på hur innovationssystemet fungerar.



Figur 1. Linjär innovationsmodell och mätparametrar

Historiskt har resultat från universitet och högskola mätts både genom att jämföra volymer och olika kvalitetsmått genom exempelvis citeringsgrad på de vetenskapliga publiceringar som är resultatet av forskningen. Dessa resultat sammanställs i olika index och rankingar av universitet och högskolor. Cascelotte har på liknande sätt möjliggjort mätningar av både antal patentansökningar och deras tekniska och ekonomiska värde genom utveckling av metoder för värdering.

I den här studien har en metod utarbetats för att analysera ett givet teknikområde utifrån utfall i form av både vetenskapliga publikationer och patentansökningar baserat på volym (antal) och dess kvalitet.

Teknikområdet som studerats är batteriteknik. Sverige bedöms av många ha goda förutsättningar att bli en ledande nation inom batteriteknik både vad gäller forskning & utveckling och produktion. Flera större satsningar har gjorts på forskning och utveckling både från industrin och staten. Vidare har flera produktions- och utvecklingsanläggningar etablerats.

2.2 Syfte och mål

Studien har två syften:

- 1) Utarbeta och testa en metod där ett teknikområde utvärderas genom att studera utfall i form av vetenskapliga publikationer och patentansökningar. Där både kvantitet och kvalitet ingår i mätvariablerna.
- 2) Applicera metoden på teknikområdet "Batteriteknik" för att studera hur Sverige förhåller sig till ett antal andra nationer.

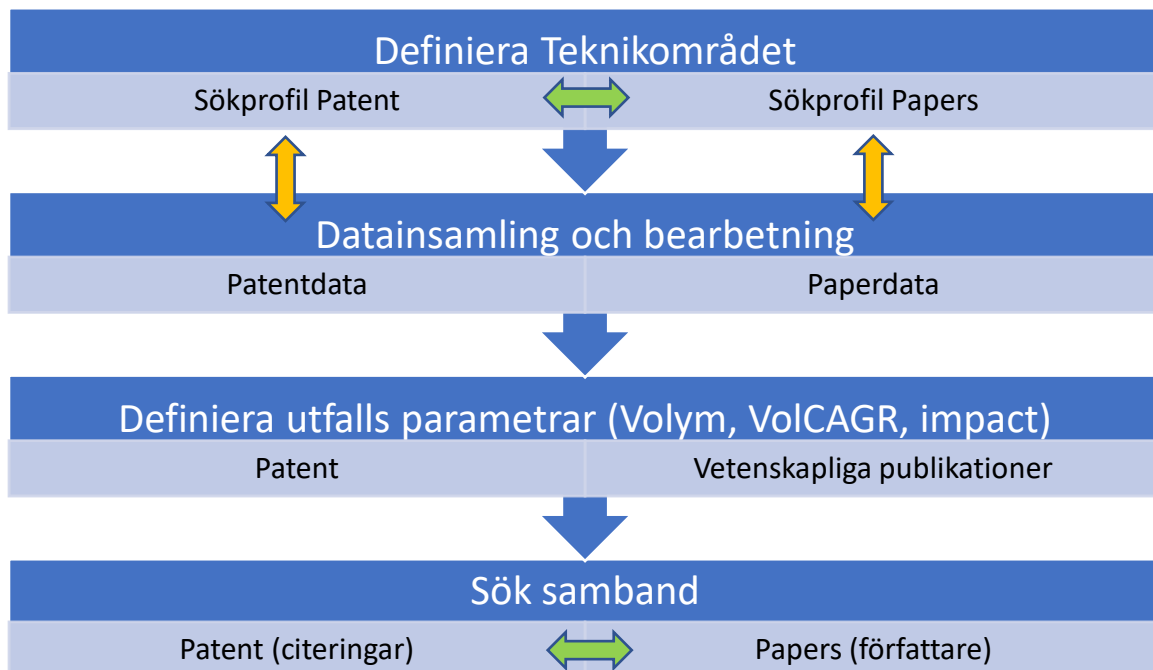
Inom ramen för ovan syften har följande huvudsakliga mål och frågeställningar identifierats:

- Är metoden användbar för att utvärdera "innovation" inom teknik?
- Hur står sig svensk forskning och utveckling inom batteriteknik jämfört med andra nationer?
- Hur ser sambanden ut mellan "kvantitet" och "kvalitet" inom batteriteknik för utfall från akademi, i form av vetenskapliga publikationer, och industri, i form av patentansökningar?
- För batteriteknik, finns det indikationer på att akademiska resultat i Sverige i form av vetenskapliga publiceringar ger industriella resultat utomlands i form av patentansökningar eller tvärtom?

3 Metod

Ett syfte med den här studien är att utarbeta och testa en metod. Nedan beskriver vi den övergripande processen vi har använt och dess respektive delar. Metoden går alltså ut på att studera både patentansökningar och vetenskapliga publikationer för ett specifikt och väldefinierat teknikområde. Det första steget i metoden är därför att mycket noga definiera teknikområdet och hitta sökprofiler för både patentansökningar och publikationer. En förutsättning för ett användbart resultat är att de vetenskapliga publikationer och de patentansökningar som sedan studeras faktiskt handlar om samma teknik, i detta fall batteriteknik. Vi har valt att lägga mer fullständiga beskrivningar av respektive del av metoden i bilagor, se Bilaga A, B och C.

Inledningsvis gjordes en granskning av existerande litteratur som berör kopplingar mellan patentansökningar och vetenskapliga publiceringar samt kvantitativa analyser av batteriområdet. I referenslistan återfinns några relevanta underlag. En slutsats av litteraturstudien är att detta projekt är nyskapande. En annan slutsats är att olika AI-metoder på sikt kommer att kunna underlätta utsökningen av relevanta publikationer inom ett teknikområde.



Figur 2. Översiktlig metodbeskrivning

3.1 Metod – Definiera teknikområdet

Lagring av energi kan göras på flertalet olika sätt, energi kan t.ex. lagras mekaniskt, elektriskt, elektrokemiskt och termiskt. När vi i dagligt tal diskuterar batterier är det vanligen elektrokemisk lagring av energi som avses. I detta område finner vi nya tekniker med användningsområden inom exempelvis modern elektronik och elektriska bilar etcetera. I denna studie har vi uteslutande sökt efter patentansökningar och vetenskapliga publikationer inom teknikområdet elektrokemisk lagring, på engelska "electrochemical storage".

För att öka träffsäkerheten och exaktheten i definitionen av teknikområdet har flera experter konsulterats. För definitioner i patentdata har studien baserats på en metod beskriven i en publikation av det europeiska patentverket² Metoden och urvalet har sedan analyserats av patentexperter vid Patent- och Registreringsverket.

För definitioner och bestämningar av sökprofil för vetenskapliga publikationer har arbetet baserats på tidigare resultat (Pohl et al. 2020), som sedan förfinats med hjälp av en referensgrupp av batteriexperter.

För exakta definitioner av sökprofiler för patentansökningar respektive papers se bilaga A och B.

3.2 Metod – Datainsamling och bearbetning

När teknikområdet väl är definierat samlas alla patentfamiljer och vetenskapliga publikationer som tillhör detta teknikområde in.

För patentdata har Patent- och Registreringsverket samlat in data via den globala patentdatabasen DocDB. Data har överförts i form av ett antal filer där den huvudsakliga identifikatorn är patentfamiljenummer (Simple Patent Family id).

Dessa patentfamiljenummer har överförts till patentdatabasen CascelotteDB som är Cascelottes statistik och värderingsdatabas för patentansökningar. Samtliga Patentfamiljer i urvalet har sedan genom Cascelottes värderingsalgoritmer försetts med ett index (TBI) i enlighet med metoden för patentvärdering (Se bilaga C).

I nästa steg har data överförts till Excel och sammanställts i ett antal makroaktiverade tabeller och diagram lämpade för statistisk analys av utfallet.

För vetenskapliga publikationer har Pohl Research & Innovation, gjort motsvarande urval och sammanställningar med hjälp av databasen Scopus och verktyget SciVal.³

3.3 Metod – Definiera utfallsparametrar

För utfall i form av antal (volym) har följande definitioner använts:

En patentfamilj utgörs av en patentansökan eller en grupp av patentansökningar som alla kan anses tillhöra samma uppfinning, datumet för denna familjs inlämning har satts lika med året för ansökningsdatumet för den först inlämnade patentansökan i familjen (Earliest priority year).

Datum för vetenskapliga publikationer anges enligt publiceringsår.

Volymtillväxt beräknas genom att utfall inom de olika tidsperioderna har bearbetats med linjär regressionsanalys. För denna approximerade linjära tillväxt har sedan måttet Compound Annual Growth Rate) CAGR beräknas enligt formeln:

² EPO, IEA: *Innovation in batteries and electricity storage A global analysis based on patent data* (2020)

³ Elsevier: www.elsevier.com/scopus; www.elsevier.com/scival

$$\text{CAGR} = (V_{\text{final}}/V_{\text{begin}})^{(1/t)} - 1$$

V_{begin} : begynnelsevärdet enligt den linjära regressionen vid år: t_{begin}

V_{final} : slutvärdet enligt den linjära regressionen vid år: t_{final} .

$t = t_{\text{final}} - t_{\text{begin}}$.

För bestämning av kvaliteten på vetenskapliga publikationer respektive patentansökningar har konsekvent fyra mått använts. Dessa mått ska ses som indikationer på kvalitet och bör kompletteras för kvalitetsbestämning av enskilda patentansökningar eller publikationer.

FWCI – fältnormerad citeringsgrad (Field Weighted Citation Impact). Anger förhållandet mellan antalet citeringar för en publikation och medelantalet citeringar för alla publikationer av samma typ, inom samma vetenskapsområde samt publicerade samma år. Världsgenomsnittet är 1.00 och värdet 1.70 kan således utläsas som 70% bättre än världsgenomsnittet.

Top10% - Hur stor andel av de vetenskapliga publikationerna som tillhör de 10 % mest frekvent citerade.

TBI>70 – andel patentfamiljer med ett TBI värde större än 70.

TBI>90 – andel patentfamiljer med ett TBI värde större än 90.

TBI värdet anger det relativa tekniska och ekonomiska värdet på ett patentansökningar. TBI>70 innebär att patentansökan tillhör de 30% mest värdefulla i sin kohort. Kohorten anger patentansökningar inom samma teknikområde och som är inlämnade under samma tidsperiod.

3.4 Metod - Söka samband

I den sista delen av metoden söker vi samband mellan de ingående patentfamiljerna och de vetenskapliga publikationerna. På grund av de mycket stora datamängderna har vi fokuserat dessa analyser på svenska patentansökningar och svenska vetenskapliga publiceringar.

3.4.1 Namnanalys

I namnanalysen har vi också utgått från svenska patentfamiljer inom batteriteknik. Vi har sedan extraherat data på alla uppfinnare och sökande som finns angivna. Data om namn i patentansökningar är dåligt harmoniserat och vi har därför genom flera iterativa processer försökt harmonisera namnen i så stor utsträckning som möjligt. Vi har även försökt identifiera om namnen är personnamn, företagsnamn eller organisationer.

3.4.2 Citeringsanalys

I citeringsanalysen har vi ur alla patentansökningar tillhörande någon av de patentfamiljer som vi betecknar som svenska (eftersom det finns en svensk sökande eller uppfinnare) sorterat ut alla angivna citeringar. Ur dessa citeringar har vi extraherat de som sannolikt är citeringar av vetenskapliga publikationer, dvs vi har tagit bort alla citeringar till andra patentansökningar och/eller till andra datakällor (t.ex. webbsidor, instruktionsböcker etc.). De citerade publikationerna har sedan sökts fram i Scopus.

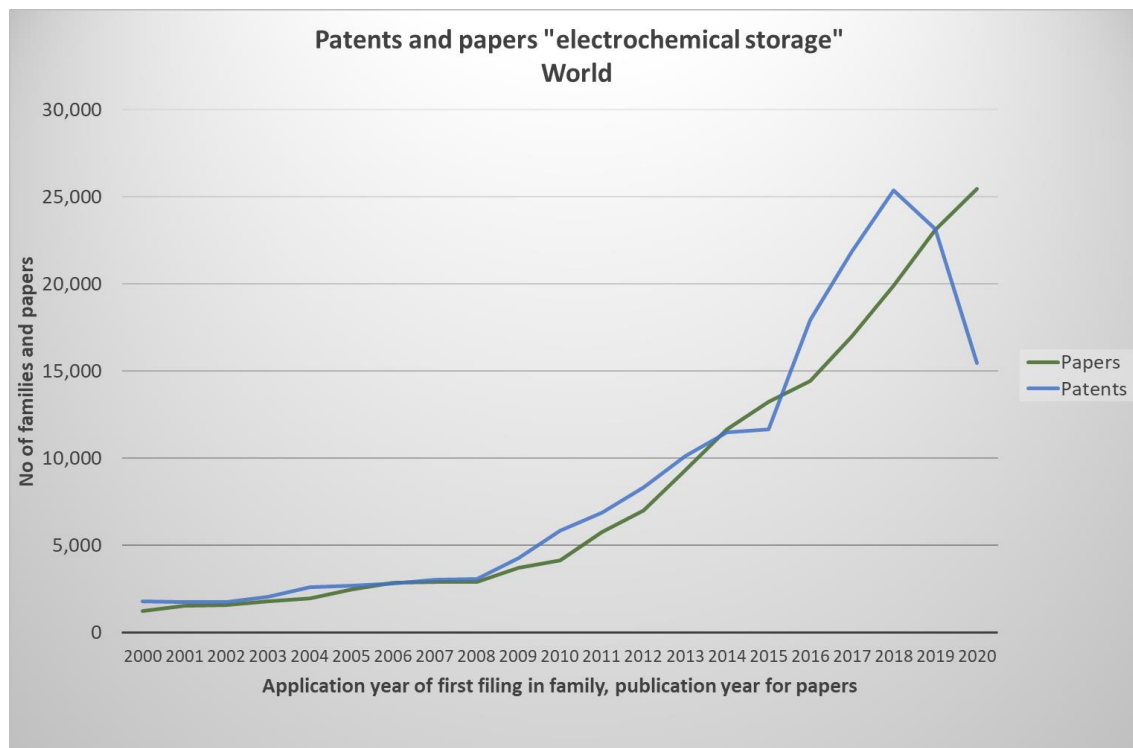
4 Resultat

4.1 Övergripande resultat

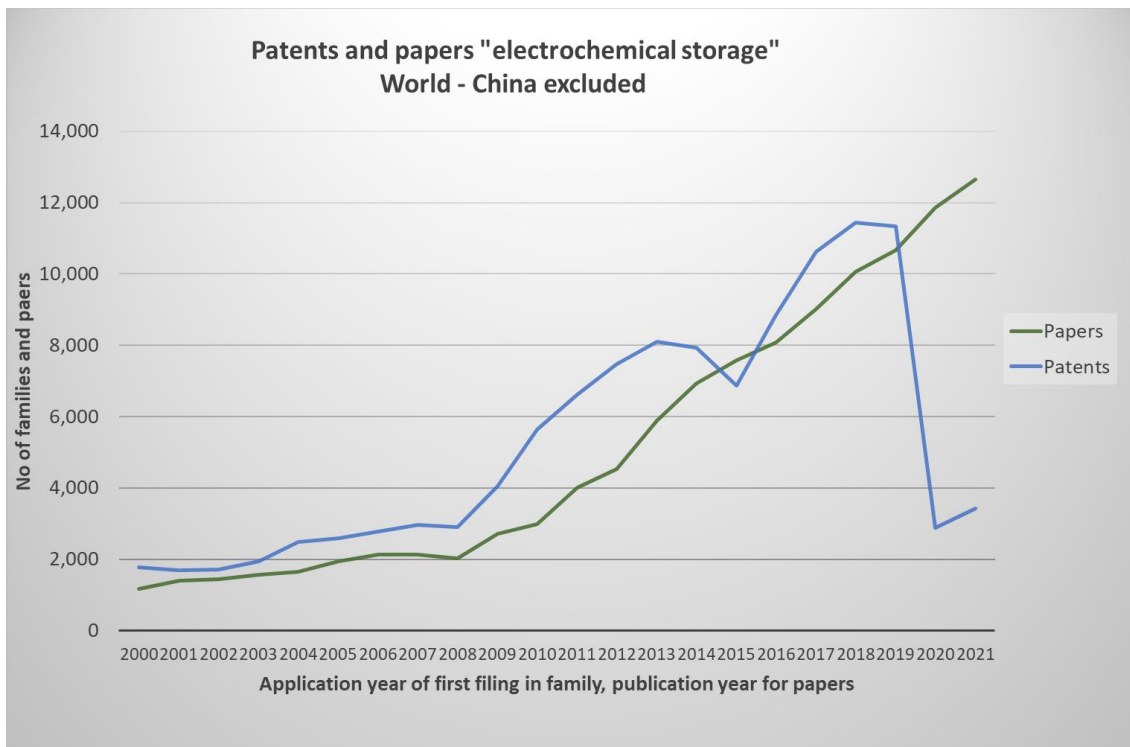
Utvecklingen av batteriteknik, har under 1900-talet ökat under två tydliga perioder, den första perioden sker med start i tidigt 60-tal och kulminerar i slutet av 70-talet, den andra kraftiga ökningen påbörjas under tidigt 90-tal har en svacka 2007–2008 och påbörjar efter det en exponentiell ökning i form av både patentansökningar och vetenskapliga publikationer. Vi har sannolikt inte sett kulmen på denna utveckling ännu.

Den här studien fokuserar på utvecklingen från år 2000 och framåt, alltså den senaste utvecklingen av batteriteknik. Patentdata publiceras först ca 18 månader efter ansökningsdagen och därför är utfallet ej relevant för åren efter 2019. Eftersom vetenskapliga publikationer i många avseenden utgör tillförlitligt underlag fram till och med 2021 (data togs ut i juni 2022), har en sammanställning med aktuellast möjliga data med fokus på Sverige inkluderats i rapporten, se Bilaga D.

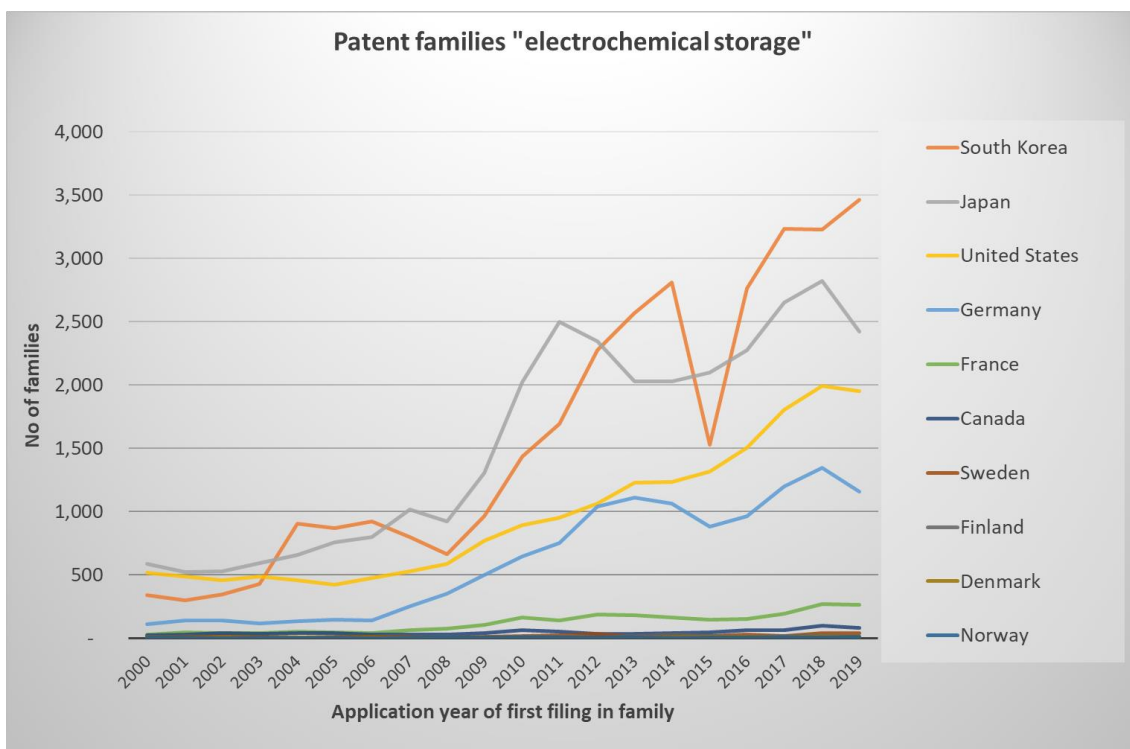
Under 2000-talet utvecklas patentansökningar och vetenskapliga publikationer väldigt lika både till storleksordning och tillväxt. Från 2000–2007 är tillväxten ganska låg för att sedan ta ordentlig fart och påbörja en exponentiell tillväxt. Patentansökningar har en tydlig svacka i tillväxten under 2015. Under 2015 har Sydkorea nästan en halvering av inlämnade patentansökningar. Även Japan, Tyskland, Frankrike och Sverige har en tydlig nedgång i patentaktivitet under denna period. Se Figurerna 3,4 och 5.



Figur 3. Utveckling för publicerade patentansökningar och vetenskapliga publikationer ("papers") sedan 2000 inom batteriteknik (electrochemical storage).

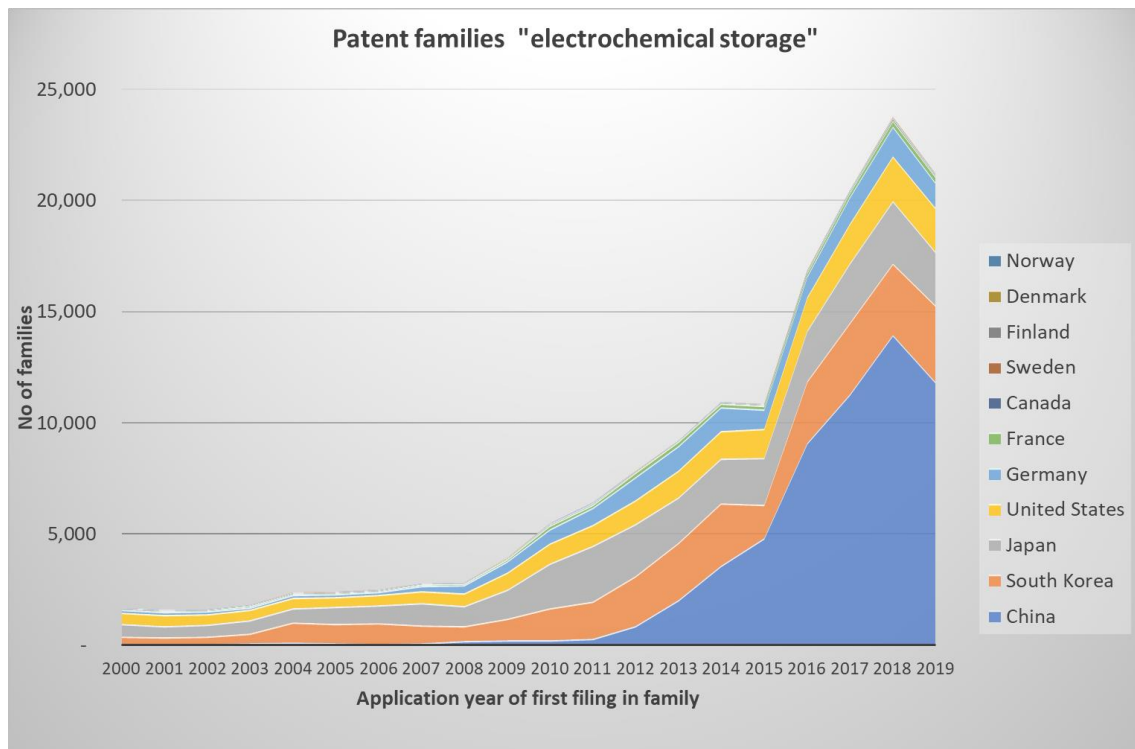


Figur 4. Utveckling för publicerade patentansökningar och vetenskapliga publikationer ("papers") sedan 2000 inom batteriteknik (electrochemical storage). Kina exkluderat.

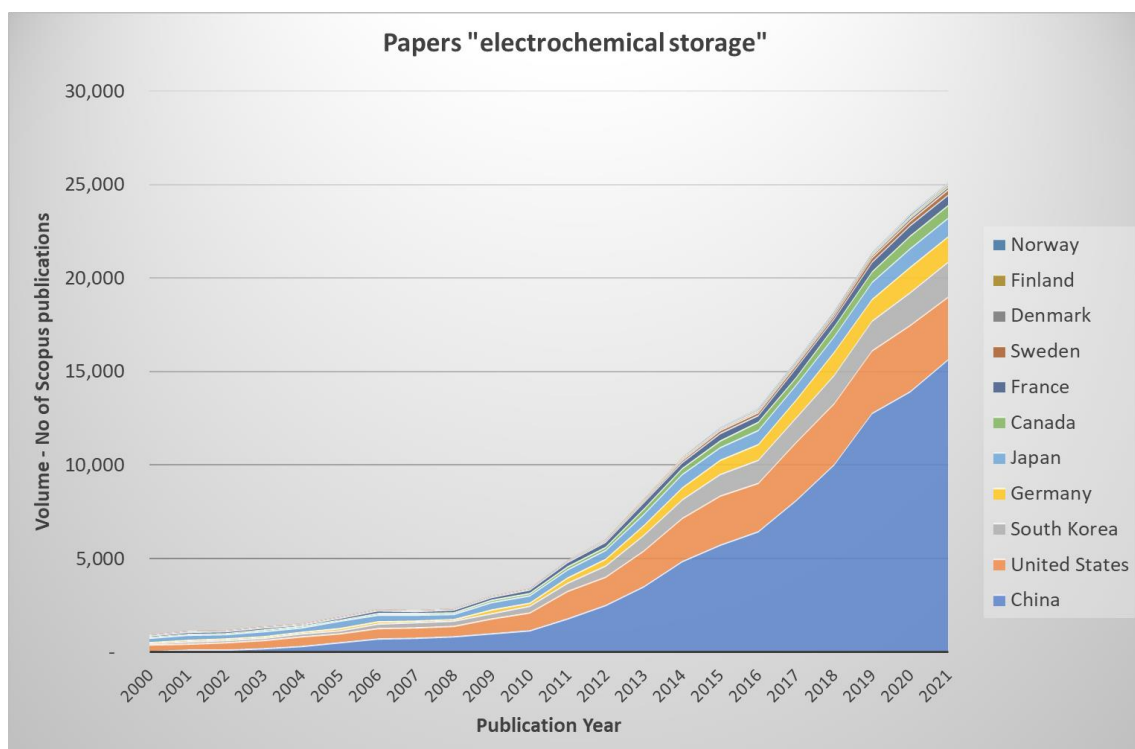


Figur 5. Utveckling patentansökningar för ett antal utvalda länder exklusive Kina. Tydlig svacka runt 2015.

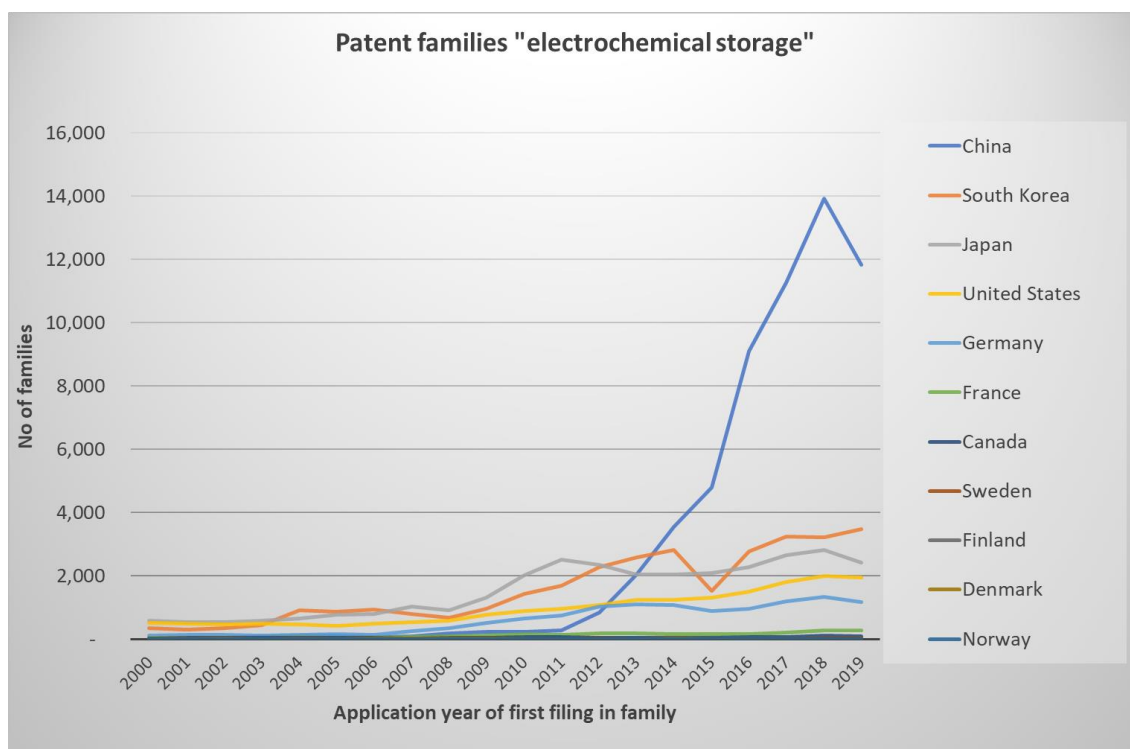
Den överlägset största ökningen i perioden står **Kina** för som går från marginellt antal patentansökningar och vetenskapliga publiceringar i början av 2000 för att under de senaste åren stå för en majoritet av både patentansökningar och publiceringar inom batteriteknik. Se Figurerna 6,7, 8 och 9.



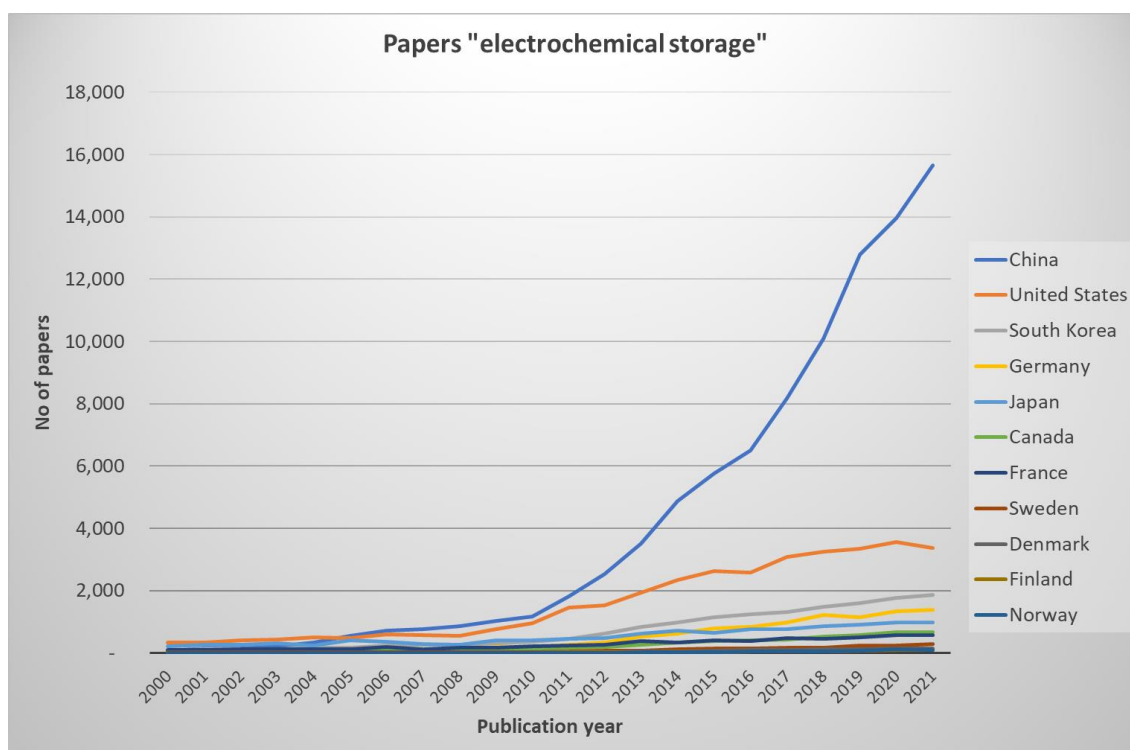
Figur 6. Publicerade patentfamiljer efter första inlämningsår för ett antal utvalda länder.



Figur 7. Vetenskapliga publikationer efter publiceringsår för ett antal utvalda länder.



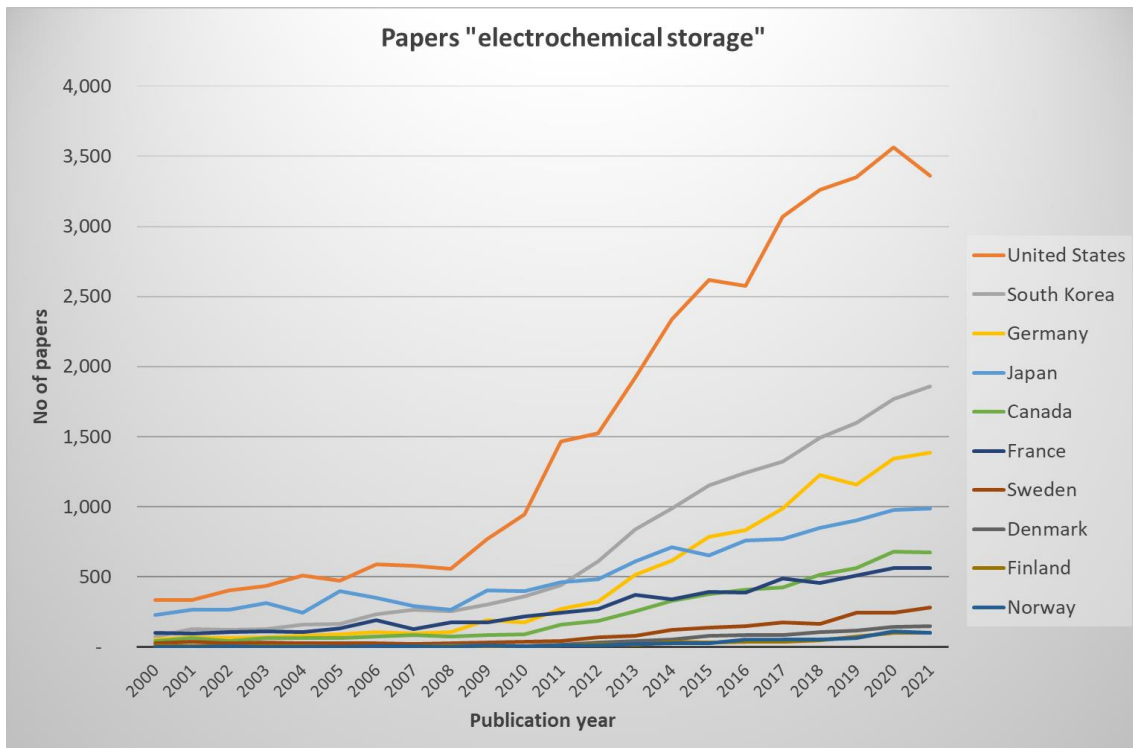
Figur 8. Patentfamiljer utveckling för ett antal utvalda länder.



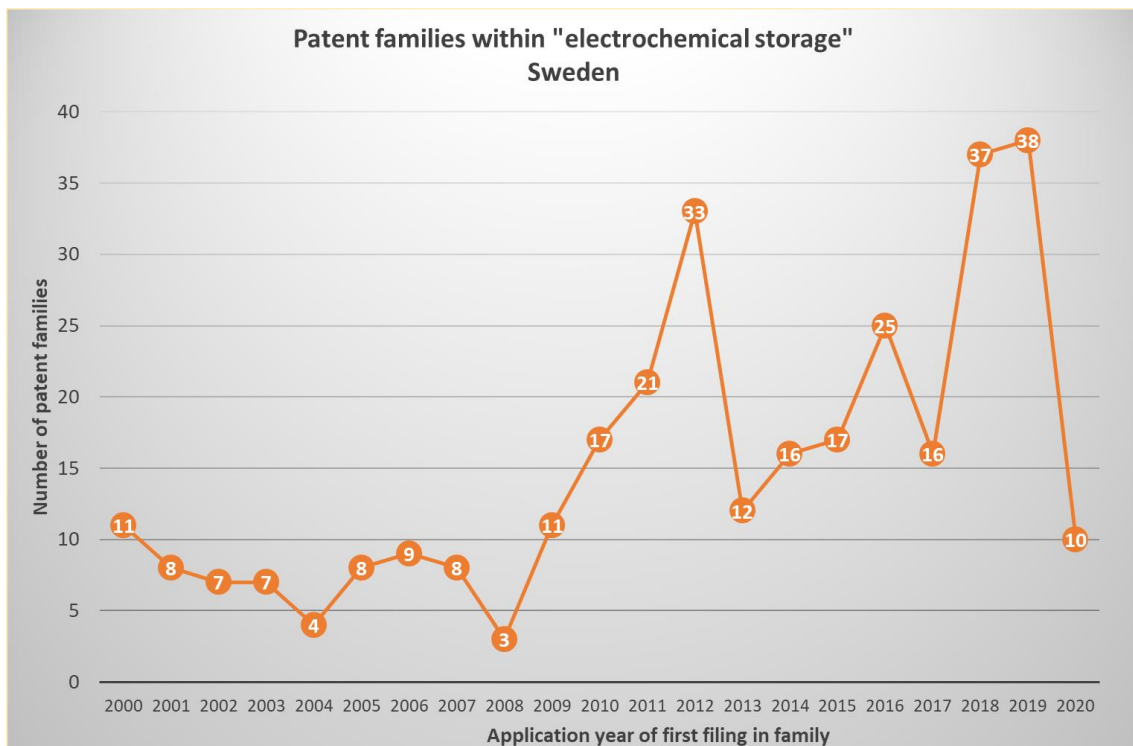
Figur 9. Vetenskapliga publiceringar för ett antal utvalda länder.

Sveriges utveckling för patentansökningar följer i stort sett de övriga länderna (Kina exkluderat) men på låga nivåer. Sverige har färre än tio patentansökningar per år fram till 2008 som dessutom är ett bottenår med endast 3 ansökningar. År 2009 tar dock patenteringen fart fram till 2012 då vi ser en svacka som pågår fram till 2018 då patenteringen verkar ta ny fart igen. De vetenskapliga publikationerna från svenska författare ligger på en låg nivå och obefintlig tillväxt fram till 2011. De övriga län-

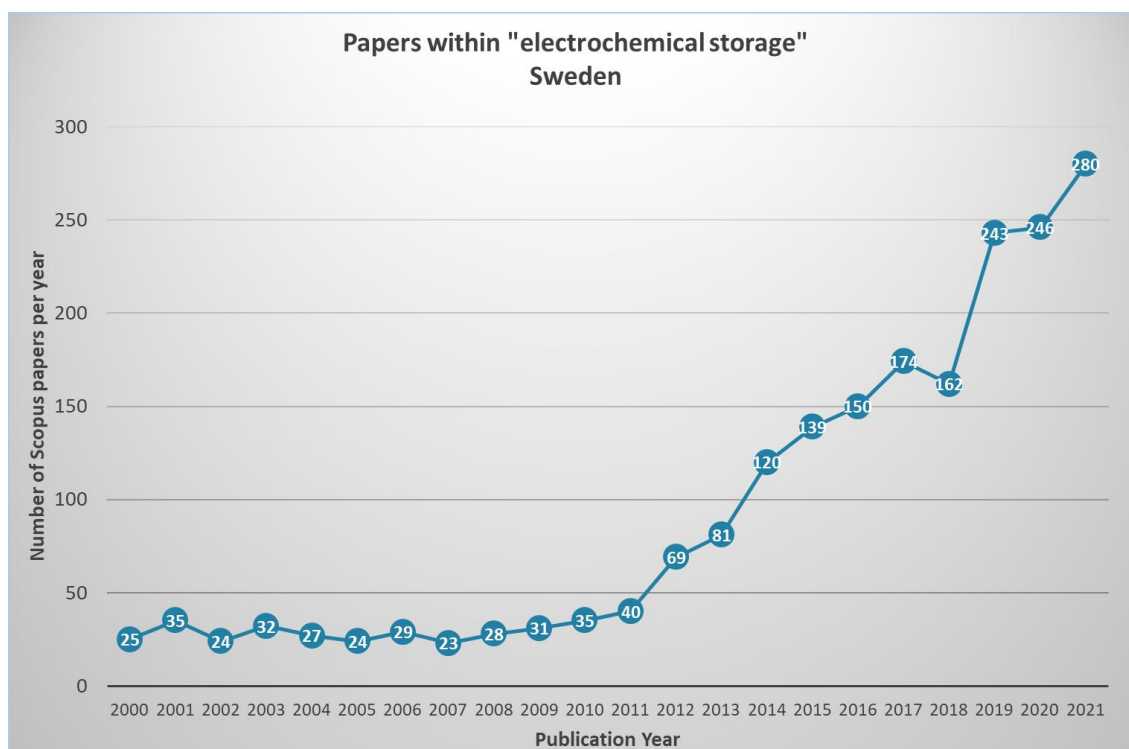
dernas tillväxt av vetenskapliga publikationer inom batteriteknik påbörjas ett par år tidigare, runt 2009. Se Figurerna 10, 11 och 12.



Figur 10. Utvecklingen för vetenskapliga publiceringar inom batteriteknik för ett antal utvalda länder. Kina exkluderat.



Figur 11. Patentfamiljer från Sverige inom batteriteknik. (electrochemical storage).



Figur 12. Vetenskapliga publikationer från Sverige inom batteriteknik (electrochemical storage).

När vi analyserar volym och tillväxt av vetenskapliga publikationer och patentansökningar för de i studien ingående länderna i tre olika 6-årsperioder; 2002–2007, 2008–2013 och 2014–2019, framkommer några intressanta detaljer: **Japan, Sydkorea och Tyskland** har konsekvent **fler patentfamiljer än vetenskapliga publikationer** i alla tre tidsperioderna. Detta skiljer sig från övriga länder i studien där det omvända förhållandet råder. I den sista tidsperioden har dock Kina anslutit till ovanstående länder och även de har fler patentfamiljer än vetenskapliga publikationer. **Sverige och Kanada** har i den sista tidsperioden 2014–2019 ca **6,5 gånger fler vetenskapliga publikationer än patentfamiljer**. Se Tabell 1 och 2.

| Volume | 2002-2007 | | 2008-2013 | | 2014-2019 | | 2014-2019 |
|-------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|---------|--------------|
| | Paper | Patent | Paper | Patent | Paper | Patent | Paper/patent |
| Canada | 389 | 194 | 849 | 240 | 2 619 | 390 | 6,7 |
| China | 2 717 | 479 | 10 937 | 3 772 | 48 138 | 54 485 | 0,9 |
| Denmark | 25 | 14 | 115 | 12 | 529 | 46 | 11,5 |
| Finland | 19 | 18 | 70 | 51 | 265 | 95 | 2,8 |
| France | 778 | 274 | 1 452 | 845 | 2 572 | 1 188 | 2,2 |
| Germany | 499 | 915 | 1 582 | 4 391 | 5 604 | 6 608 | 0,8 |
| Japan | 1 862 | 4 349 | 2 621 | 11 117 | 4 643 | 14 300 | 0,3 |
| Norway | 15 | 9 | 53 | 16 | 277 | 23 | 12,0 |
| Republic of Korea | 1 076 | 4 267 | 2 813 | 9 590 | 7 788 | 17 026 | 0,5 |
| Sweden | 159 | 43 | 284 | 97 | 988 | 149 | 6,6 |
| United States | 2 984 | 2 818 | 7 182 | 5 489 | 17 216 | 9 796 | 1,8 |
| World | 13 775 | 14 939 | 33 831 | 38 541 | 102 132 | 111 518 | 0,9 |

Tabell 1. Volym och tillväxt av vetenskapliga publikationer och patentansökningar i tre olika 6-årsperioder

| Growth (CAGR) | 2002-2007 | | 2008-2013 | | 2014-2019 | |
|-------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| | Paper | Patent | Papers | Patent | Paper | Patent |
| Canada | 9% | -6% | 28% | 1% | 9% | 15% |
| China | 40% | 3% | 35% | 51% | 19% | 23% |
| France | 7% | 7% | 14% | 14% | 7% | 12% |
| Germany | 8% | 11% | 33% | 22% | 11% | 5% |
| Japan | 3% | 11% | 12% | 13% | 5% | 5% |
| Republic of Korea | 15% | 14% | 26% | 27% | 8% | 8% |
| Sweden | -1% | 5% | 25% | 21% | 10% | 18% |
| United States | 7% | 2% | 25% | 12% | 6% | 9% |
| World | 12% | 9% | 24% | 22% | 13% | 15% |

Tabell 2

I de följande tre tabellerna (Tabell 3 till 5) har vi analyserat de mått på **"kvalitet"** vi använder. D.v.s. FWCI, Top10% för vetenskapliga publikationer och TBI>70 och TBI>90 för patentansökningar.

Generellt sett är den fältnormerade citeringsgraden hög eller mycket hög för vetenskapliga publikationer inom batteriteknik (**FWCIBatt**) och det gäller i alla tre tidsperioder. För jämförelse har även fältnormerad citeringsgrad för samtliga vetenskapliga publikationer i respektive land angetts (**FWCIAII**). Kina och Japan ligger under det förväntade världsmedelvärdet (1,0) i alla tre tidsperioderna när det gäller samtliga vetenskapliga publikationer (FWCIAII), däremot är det inget land som ligger under det förväntade världsmedelvärdet för vetenskapliga publikationer inom batteriteknik (FWCIBatt).

Kanada och USA sticker ut vad det gäller alla **kvalitetsmått** och i alla de tre tidsperioderna, de har **högst värden** för både vetenskapliga publikationer och patentansökningar.

Tyskland och Sydkorea som har betydligt färre vetenskapliga publikationer än patentansökningar har **låga värden** på kvalitetsmåten för patentansökningar (TBI>70, TBI>90).

Kina har förbättrat sig från mycket låga värden på kvalitetsmått för patentansökningar inom batteriteknik i den första tidsperioden 2002–2007 till att ligga ganska nära det förväntade världsmedelvärdet (30% för TBI>70) under den senaste tidsperioden. För vetenskapliga publikationer är Kinas FWCI-värde mycket högt både för perioden 2008–2013 och perioden 2014–2019.

Japan utmärker sig genom att ha betydligt **större andel patentansökningar än vetenskapliga publikationer** och **samtidigt ha mycket höga värden** på kvalitetsmåten **för patentansökningar** (TBI>70 och TBI>90) detta gäller för alla tre tidsperioder.

Sverige har relativt höga kvalitetsvärden (FWCIBatt, Top10%Batt) för vetenskapliga publikationer och även för patentansökningar inom batteriteknik.

Danmark, Norge och Finland har lite för låga volymer av både vetenskapliga publikationer och patentfamiljer för analys av kvalitetsmåten.

| 2002-2007 | | | | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| | FWCI _{Batt} | FWCI _{All} | Top10% _{Batt} | Top10% _{All} | Share TBI>90 | Share TBI>= 70 |
| Canada | 2,30 | 1,46 | 32,4% | 16,2% | 25,2% | 47% |
| China | 1,11 | 0,61 | 16,6% | 5,4% | 5,9% | 18% |
| Denmark | 1,92 | 1,69 | 44,0% | 20,0% | 50,0% | 60% |
| Finland | 1,64 | 1,51 | 5,3% | 15,4% | 23,1% | 46% |
| France | 2,09 | 1,25 | 26,5% | 13,5% | 19,9% | 38% |
| Germany | 2,70 | 1,32 | 24,7% | 14,0% | 11,9% | 27% |
| Japan | 1,56 | 0,93 | 18,2% | 9,1% | 13,1% | 38% |
| Norway | 1,51 | 1,55 | 6,7% | 16,8% | 0,0% | 29% |
| Republic of Korea | 1,68 | 0,96 | 26,3% | 9,1% | 6,2% | 19% |
| Sweden | 2,39 | 1,56 | 27,0% | 17,8% | 13,5% | 35% |
| United States of A | 1,87 | 1,51 | 25,6% | 17,1% | 18,7% | 44% |

Tabell 3. Kvalitetsmått åren 2002–2007 för vetenskapliga publiceringar inom batteriteknik (FWCI_{Batt}, Top10%_{Batt}) samt samtliga vetenskapliga publiceringar (FWCI_{All}, Top10%_{All}) och för patentansökningar (Share TBI>90, Share TBI>=70) för ett antal utvalda länder.

| 2008-2013 | | | | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------|----------------|
| | FWCI _{Batt} | FWCI _{All} | Top10% _{Batt} | Top10% _{All} | TBI>90 | Share TBI>= 70 |
| Canada | 3,20 | 1,52 | 38,3% | 16,6% | 28,8% | 53% |
| China | 2,49 | 0,72 | 32,8% | 7,6% | 5,1% | 23% |
| Denmark | 2,24 | 1,84 | 20,9% | 20,9% | 37,5% | 56% |
| Finland | 1,76 | 1,61 | 21,4% | 16,0% | 27,7% | 47% |
| France | 2,62 | 1,34 | 32,5% | 14,8% | 19,5% | 39% |
| Germany | 2,48 | 1,41 | 33,2% | 15,5% | 10,7% | 25% |
| Japan | 1,87 | 0,95 | 25,8% | 9,5% | 19,1% | 44% |
| Norway | 2,35 | 1,61 | 28,3% | 17,0% | 30,8% | 62% |
| Republic of Korea | 2,66 | 1,04 | 33,8% | 10,6% | 7,9% | 25% |
| Sweden | 2,22 | 1,67 | 27,4% | 18,7% | 18,4% | 39% |
| United States of A | 3,32 | 1,49 | 38,6% | 16,9% | 26,4% | 55% |

Tabell 4. Kvalitetsmått åren 2008–2013 för vetenskapliga publiceringar inom batteriteknik (FWCI_{Batt}, Top10%_{Batt}) samt samtliga vetenskapliga publiceringar (FWCI_{All}, Top10%_{All}) och för patentansökningar (Share TBI>90, Share TBI>=70) för ett antal utvalda länder.

| 2014-2019 | | | | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|--------|----------|
| | FWCI _{Batt} | FWCI _{All} | Top10% _{Batt} | Top10% _{All} | TBI>90 | TBI>= 70 |
| Canada | 2,47 | 1,51 | 42,5% | 16,1% | 24,7% | 54% |
| China | 2,30 | 0,99 | 44,3% | 13,7% | 7,1% | 28% |
| Denmark | 2,47 | 1,85 | 33,1% | 20,4% | 2,8% | 25% |
| Finland | 1,65 | 1,70 | 25,7% | 16,8% | 19,8% | 37% |
| France | 1,89 | 1,31 | 31,6% | 14,2% | 9,1% | 24% |
| Germany | 2,10 | 1,38 | 36,9% | 15,1% | 5,9% | 16% |
| Japan | 1,60 | 0,95 | 28,8% | 9,4% | 12,2% | 34% |
| Norway | 1,79 | 1,68 | 29,6% | 15,9% | 11,8% | 47% |
| Republic of Korea | 1,89 | 1,05 | 38,6% | 12,3% | 7,8% | 25% |
| Sweden | 2,24 | 1,70 | 40,2% | 18,5% | 16,0% | 29% |
| United States of A | 2,79 | 1,43 | 46,4% | 15,5% | 22,8% | 50% |

Tabell 5. Kvalitetsmått åren 2014–2019 för vetenskapliga publiceringar inom batteriteknik (FWCI_{Batt}, Top10%_{Batt}) samt samtliga vetenskapliga publiceringar (FWCI_{All}, Top10%_{All}) och för patentansökningar (Share TBI>90, Share TBI>=70) för ett antal utvalda länder.

När det gäller sampublicationer av akademi och industri kan vi konstatera att antalet sampublicationer inom batteriteknik från Sverige ligger lågt 2002–2013 med färre sampublicationer inom detta

teknikområde än andelen sampubliceringar bland alla publikationer. Under perioden 2014–2019 är förhållandet det omvända. I denna period är dock citeringsgraden för de sampublicerade vetenskapliga publikationerna från Sverige låg jämfört med de övriga länderna. Se tabell 6 och 7.

| Academic-corporate co-publications (share of) | 2002 - 2007 | | 2008 - 2013 | | 2014 - 2019 | |
|---|-------------|-------|-------------|-------|-------------|------|
| | Batteries | All | Batteries | All | Batteries | All |
| | Canada | 16,0% | 4,0% | 16,5% | 4,1% | 9,0% |
| China | 1,3% | 2,0% | 1,6% | 2,2% | 2,0% | 2,7% |
| France | 9,8% | 4,9% | 10,5% | 5,8% | 8,3% | 6,3% |
| Germany | 8,4% | 5,0% | 12,1% | 5,9% | 11,4% | 6,5% |
| Japan | 10,2% | 6,7% | 13,1% | 6,5% | 11,8% | 6,4% |
| South Korea | 7,5% | 6,5% | 8,7% | 5,7% | 5,9% | 4,9% |
| Sweden | 2,5% | 6,2% | 6,0% | 6,6% | 9,3% | 7,5% |
| United States | 5,3% | 4,7% | 7,0% | 4,7% | 5,8% | 4,7% |

Tabell 6. Andel Sampubliceringar Akademi – Företag. För ett antal utvalda länder.

| Paper | Volume | | FWCI | |
|---------------|--------|----------------------------------|------|----------------------------------|
| | All | Academic-corporate collaboration | All | Academic-corporate collaboration |
| 2014 - 2019 | | | | |
| Canada | 2,619 | 235 | 2.47 | 2.89 |
| China | 48,138 | 958 | 2.30 | 1.89 |
| France | 2,572 | 214 | 1.89 | 2.20 |
| Germany | 5,604 | 641 | 2.10 | 2.85 |
| Japan | 4,643 | 549 | 1.60 | 1.54 |
| South Korea | 7,788 | 463 | 1.89 | 2.17 |
| Sweden | 988 | 92 | 2.24 | 1.49 |
| United States | 17,216 | 1,005 | 2.79 | 2.68 |

Tabell 7. Volym och Fältnormerad citeringsgrad (FWCI) för vetenskapliga publikationer (paper) jämförelse mellan sampubliceringar (academic corporate collaboration) och samtliga publiceringar inom batteriteknik. Notera Sveriges låga värde på FWCI för sampubliceringar.

4.2 Resultat namnanalys patentansökningar och vetenskapliga publikationer Sverige

En bruttolista med alla patentansökningar och personer/organisationer som står med på patentansökningarna för Sverige för hela 1900 talet omfattar drygt 5000 poster. Då både patentansökningar och personer kan stå på flera rader utgör listan just en bruttolista med olika kombinationer av patentansökningar och innovatörer. Listan bearbetades i flera steg i Excel för att få ordning på alla namnversioner på personer och organisationer.

Efter bearbetning återstod ca 600 olika personer och 124 olika företag som hade minst en patentansökan. För alla personer med patentansökningar tillämpades batterisökfrågan i Scopus som tog fram eventuella vetenskapliga publikationer bland de inom batteriområdet i Sverige. Detta betyder att ett fåtal personer med en internationell bakgrund och batteripublikationer utanför Sverige kan ha missats.

Totalt har 137 personer både patentansökningar och vetenskapliga publikationer under tidsperioden 2000 – 2021. För alla personer med minst två patentansökningar gjordes en manuell sökning i Scopus för att utreda aktuell hemvist. Resultatet återfinns i Tabell 8. En handfull personer kunde inte identifieras i Scopus och de är därför exkluderade från tabellen.

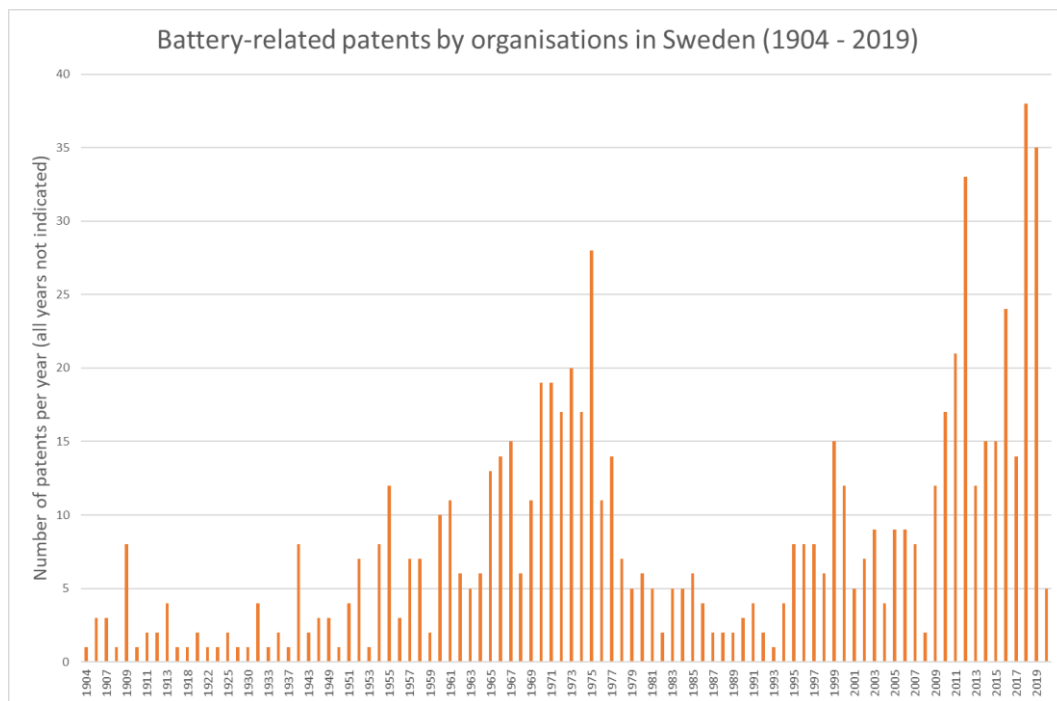
| Battery researchers in Sweden with minimum 3 patents or 35 papers 2000 - 2021 | | | |
|---|----------------|--------|-----------------------------------|
| Name | Batteryrelated | | Affiliation |
| | Patents | Papers | |
| LEGNEDAHL, NIKLAS | 7 | 3 | CEVT |
| STURK, DAVID | 7 | 3 | Autoliv |
| ASP, LEIF | 6 | 26 | Chalmers University of Technology |
| LEIJONMARCK, SIMON | 6 | 13 | KTH |
| LINDBERGH, GOERAN | 5 | 116 | KTH |
| BRYNGELSSON, HANNA | 5 | 8 | AB Volvo |
| SUN, LICHENG | 4 | 12 | Westlake U China (and KTH) |
| NOREUS, DAG | 4 | 4 | Stockholm University |
| CARLSON, TONY | 4 | 2 | ? |
| SVENSSON, JONATAN | 4 | 2 | ? |
| NYHOLM, LEIF | 3 | 83 | Uppsala University |
| GUSTAFSSON, TORBJORN | 3 | 82 | Uppsala University |
| CRISPIN, XAVIER | 3 | 20 | Linköping University |
| FRIDHOLM, BJORN | 3 | 10 | Volvo Cars |
| JONSSON, MAGNUS | 3 | 7 | Linköping University(?) |
| SJÖVALL, RUNE | 3 | 4 | SAFT |
| LINDE, PETER | 3 | 3 | Chalmers University of Technology |
| SKÅRMAN, BJÖRN | 3 | 3 | Höganäs |
| SAWATDEE, ANURAK | 3 | 1 | RISE |
| EDSTROM, KRISTINA | 2 | 203 | Uppsala University |
| Brandell, D. | 0 | 150 | Uppsala University |
| Johansson, P. | 0 | 140 | Chalmers University of Technology |
| Strömme, M. | 0 | 73 | Uppsala University |
| YOUNESI, REZA | 2 | 62 | Uppsala University |
| Matic, A. | 0 | 62 | Chalmers University of Technology |
| Jacobsson, P. | 0 | 54 | Chalmers University of Technology |
| Sjödin, M. | 0 | 45 | Uppsala University |
| Ahuja, R. | 0 | 44 | Uppsala University |
| Behm, M. | 1 | 43 | KTH |
| Zhu, J. | 0 | 39 | Uppsala University |
| Mindemark, J. | 0 | 38 | Uppsala University |
| THOMAS, JOHN | 2 | 35 | Uppsala University |

Tabell 8. Forskare med minst två patentansökningar under perioden 2000–2021 och deras antal vetenskapliga publikationer

Fyra av de batteriforskare i Sverige som har minst 35 vetenskapliga publikationer i tidsperioden 1996 – 2021 har även batteri-relaterade patentansökningar

Företagens patentansökningar i Sverige

Företagen med batteripatentansökningar har varit aktiva över lång tid, se Figur 13. En intensiv period var vid oljekriserna på 1970-talet. Det senaste decenniet visar också på hög aktivitet. Observera att data för de allra senaste åren inte är fullständiga.



Figur 13. Patentansökningar av företag inom Batteriteknik från 1904–2019.

Data för företagen som varit mest aktiva sedan 2000 återfinns i Tabell 9.

| Battery related patents in Sweden (minimum 5) | | |
|---|-----------|-----------|
| Company | 2000-2010 | 2011-2020 |
| AB VOLVO | 5 | 34 |
| HUSQVARNA | 4 | 31 |
| SCANIA CV | 4 | 28 |
| NILAR | 16 | 5 |
| VOLVO CAR CORPORATION | 2 | 18 |
| ERICSSON MOBILE COMMUNICATIONS | 7 | 7 |
| AUTOLIV DEVELOPMENT | 3 | 8 |
| ALELION BATTERIES | 3 | 6 |
| EFFPOWER | 5 | 1 |
| SONY MOBILE COMMUNICATIONS | 4 | 2 |
| LUNALEC | 1 | 4 |

Tabell 9. Patentansökningar från svenska företag under två olika tidsperioder.

Det är bilföretagen och Husqvarna som uppvisar en väsentligt ökad aktivitet på batteriområdet när de båda tioårsperioderna jämförs. Av dessa har bilföretagen även mer än tio vetenskapliga publikationer inom batteriteknik.

4.3 Resultat citeringar i batteripatentansökningar, Sverige

Citeringar studerades genom att ur alla svenska batteripatentansökningar i ett antal steg ta ut referenser till vetenskapliga publikationer. Totalt kunde drygt hundra vetenskapliga publikationer identifieras i Scopus. Av dem var 92 i tidsperioden 1996 och senare. Nedan i Tabell 9–11. visas några uppgifter om vilka forskare som citeras i patentansökningar och från vilka länder som de som citerar kommer. Tabellerna baseras på tidsperioden från 1996 och endast entiteter med 3 eller fler publikationer tas med.

| Papers | Country |
|--------|----------------|
| 32 | United States |
| 19 | China |
| 13 | Sweden |
| 10 | Germany |
| 8 | United Kingdom |
| 7 | Australia |
| 3 | France |
| 3 | Italy |
| 3 | Taiwan |

Tabell 10. De länder som har vetenskapliga publikationer som citeras i svenska patentansökningar.

| Papers | Institution | Country |
|--------|------------------------------------|----------------|
| 7 | Linköping University | Sweden |
| 4 | Drexel University | United States |
| 4 | Imperial College London | United Kingdom |
| 4 | United States Department of Energy | United States |
| 3 | CNRS | France |
| 3 | RWTH Aachen University | Germany |
| 3 | University of New South Wales | Australia |
| 3 | University of Wollongong | Australia |

Tabell 11. Vetenskapliga publiceringar (papers) som har citerats i svenska patentansökningar och deras ursprung (organisation och land)

| Papers | Author | Institution | Country |
|--------|---------------|----------------------|---------------|
| 4 | Barsoum, M.W. | Drexel University | United States |
| 4 | Crispin, X. | Linköping University | Sweden |
| 3 | Berggren, M. | Linköping University | Sweden |
| 3 | Gogotsi, Y. | Drexel University | United States |
| 3 | Naguib, M. | Drexel University | United States |

Tabell 12. Författare till vetenskapliga publikationer som förekommer i svenska patentansökningar.

5 Diskussion av metod och resultat ur ett svenskt perspektiv

Det är inte unikt men ganska ovanligt att jämföra patentansökningar och vetenskapliga publikationer. Vår erfarenhet från denna begränsade studie är att det ger intressanta perspektiv på innovationssystemet. Metodmässigt är en stor utmaning att definiera batteriområdet. Genom att dra på en tidigare gedigen batterianalys gjord av IEA kunde urvalet patentansökningar lösas på ett smidigt och förmodligen bra sätt. Urvalet av vetenskapliga publikationer på batteriområdet krävde mer arbete (se bilaga A). Jämfört med andra liknande kvantitativa studier av batteriforskning är den sökfråga som togs fram väsentligt mer omfattande. En möjlig genväg kan vara att förlita sig på den klassning som leverantören av databasen har. Bland nackdelarna med en sådan lösning finns att det blir något av en svart låda och möjligheterna att upprepa analysen med samma resultat kan omintetgöras eftersom klusterdefinitioner räknas om med jämna mellanrum beroende på hur citeringsmönster med mera ser ut. På sikt är dock en AI-baserad ansats med maskininlärning och annat det som krävs för att få riktigt effektiva sökningar.

Sammantaget är sökningar av patentansökningar och vetenskapliga publikationer inom teknikområdet batterier en intressant utmaning som kräver en kombination av kunskap om batteriområdet och

om publikationsdatabaserna. Vi kombinerade vår kunskap om hur man kan söka ut och analysera patentansökningar och vetenskapliga alster med en synnerligen meriterad och hjälpsam referensgrupps kunskap om batteriforskningsområdet. Trots detta bör alltid sådana här kvantitativa studier primärt ses som underlag för fortsatta diskussioner snarare än som det slutgiltiga svaret.

Vår metod skiljer sig från tidigare studier på minst två sätt. Dels finns det inte vad vi vet en studie av patentansökningar och vetenskapliga publikationer inom batteriområdet. Dels använder vi kvalitetsrelaterade indikatorer för båda publikationstyperna. Detta är av stor betydelse då volym ibland kommer på kvalitetens bekostnad.

Metodutvecklingen visade att det är allt annat än smidigt att studera kopplingar mellan patentansökningar och vetenskapliga publikationer. En citeringsanalys gjordes med mycket manuella inslag för att undersöka vilka vetenskapliga alster som citeras i svenska patentansökningar. Det visade sig också mycket tidskrävande att identifiera personer och andra aktörer i patentdata, varför aktörer med patentansökningar och vetenskapliga publikationer endast kunde studeras för Sverige.

Resultaten visar att Sverige tillsammans med Kanada (och Finland och Danmark) tillhör de länder som har klart högre andel vetenskapliga publikationer än patentansökningar. Skillnaden är dramatisk, medan Sverige under senaste kompletta tidsperioden 2014 – 2019 hade mer än sex gånger fler vetenskapliga publikationer än patentansökningar, hade länder som Kina, Tyskland och Japan fler patentansökningar än vetenskapliga publikationer. Även om jämförelser på denna nivå förmodligen är tillförlitliga bör det noteras att antalet patentansökningar inom batteriområdet i länder som Sverige, Finland och Danmark är litet, varför resultaten ska tolkas med försiktighet.

En stor del av skillnaden ligger säkert i olika traditioner på patenteringsområdet. Det kan också vara så att Sverige på grund av sin mycket begränsade batteriindustri får en lägre andel. Utifrån den linjära modellens synsätt kan antas att Sverige nu bygger upp en kunskapsbas genom forskning som senare kan komma att omsättas i patentansökningar. Samtidigt bör noteras att Sverige, till stor del på grund av Kinas dramatiska volymtillväxt i vetenskapliga publikationer, snarare minskar än ökar sin andel i ett globalt perspektiv.

På aktörsnivå finns det ett flertal batteriforskare som även har patentansökningar och vice versa. Det bör dock noteras att det också finns många akademiskt väletablerade och produktiva batteriforskare som inte har några patentansökningar i sin publikationsportfölj. Bland företagen kan bilindustrins ökade intresse för batterier tydligt noteras i patentanalysen. Det är bilindustrin tillsammans med Husqvarna som står för flertalet patentansökningar den senaste kompletta perioden.

Medan Sverige rent kvantitativt har svårt att hävda sig är kvaliteten på vetenskapliga publikationer och patentansökningar god. För vetenskapliga publikationer används citeringsgenomslag som kvalitetsindikator och för patentansökningar TBI (se bilaga C). Kanada och USA är dock i en klass för sig när det gäller kvaliteten på patentansökningar och vetenskapliga alster. Det bör också noteras att Kina, trots sin enorma volymtillväxt också håller god nivå på sina vetenskapliga publikationer. Kinas citeringsgenomslag för batteripublikationer under tidsperioden 2014 – 2019 var 2,30, vilket kan jämföras med Sveriges 2,24.

Sverige har en förhållandevis hög andel batteripublikationer som där både akademi och företag ingår som medförfattare. I jämförelse med övriga länder i analysen ger sådana sampublikationer dåligt citeringsgenomslag i Sverige, klart sämre än rena akademiska publikationer.

Citeringsanalysen begränsades till svenska patentansökningar då den var mycket tidskrävande. Den visar att svenska patentansökningar främst hänvisar till vetenskapliga publikationer med amerikanska

författare och därefter till kinesiska. Sverige kommer på tredje plats. Linköpings universitet har flest vetenskapliga alster som nämns i svenska patentansökningar. Det är naturligt att patentansökningar citerar utländsk forskning med tanke på vilken liten del av den totala kunskapsproduktionen som Sverige står för.

Om svensk forskning kommer till nytta i patentansökningar utomlands ger analysen på grund av metodmässiga begränsningar inget direkt svar på. Dock visar analysen att batteriforskningen i Sverige är ganska internationellt uppkopplad. Mer än hälften av alla publikationer har även utländska medförfattare. De största utländska parterna var baserade i Kina, Schweiz, Frankrike och Korea.

Med bas i ovanstående resultat föreslås följande:

- Involvera batteriforskare inom akademi och industri att ta del av ovan resultat.
- Detaljstudera samarbete forskning-industri:
 - Undersök förutsättningar och hinder (regelverk, incitament etc.).
 - Jämför med Tyskland och möjligen USA/Kanada.
- Följ upp kvalitetsutveckling – (academic - corporate co-publications).
- Följ upp utveckling av patentering och analysera insatser för att öka volym och värde på patentportföljen.

6 Referenser

Barbosa W., Prado T., Batista C., Câmara J.C., Cerqueira R., Coelho R., Guarieiro L. (2022) Electric Vehicles: Bibliometric Analysis of the Current State of the Art and Perspectives, *Energies*, 15, 395, <https://doi.org/10.3390/en15020395>

Chen L., Feng J., Tian Y., An Y. and Dong G. (2021) Knowledge mapping analysis of lithium secondary batteries research based on bibliometrics, *Energy Storage Science and Technology*, 10(3), pp 1196-1205.

Donato C., Lo Giudice P., Marretta R., Ursino D. and Virgili L. (2019) A well-tailored centrality measure for evaluating patents and their citations, *Journal of Documentation*, 75(4), pp 750-772. <https://doi.org/10.1108/JD-10-2018-0168>

Dutta B. and Kumarb S. (2021) Scientometric study of lithium ion battery research in India during 1989 to 2020, *Annals of Library and Information Studies*, 68, pp 430-441.

EPO and IEA (2020) Innovation in batteries and electricity storage: A global analysis based on patent data, September 2020.

Hammarfelt, B. (2021) Linking science to technology: the “patent paper citation” and the rise of patentometrics in the 1980s, *Journal of Documentation*, 77(6), pp 1413-1429.

Marx M. and Fuegi A. (2020) Reliance on science: Worldwide front-page patent citations to scientific articles, *Strategic Management Journal*, 41, pp 1572–1594.

Narin F. (1994) PATENT BIBLIOMETRICS, *Scientometrics*, 30(1), pp 147-155.

OECD (2015) Enquiries Into Intellectual Property’s Economic Impact

Pohl H. and Karlström M. (2020) Elektrifierade vägtransporter – publikationsstudie, RISE Research Institutes of Sweden

Wang S. and Yu J. (2021) A Bibliometric Research on Next-Generation Vehicles Using CiteSpace, *Recycling*, 6(14), <https://doi.org/10.3390/recycling6010014>

Williams H. (2015) HOW DO PATENTS AFFECT RESEARCH INVESTMENTS? Working Paper 23088, <http://www.nber.org/papers/w23088>

7 Bilagor

Bilaga A. Metod – Sökmetodik och urval vetenskapliga publikationer

Scopus som är den bredaste databasen med publikationsdata användes. För att hitta publikationer som har en tydlig koppling till batteriforskning nyttjades metodiken som utvecklades av Pohl & Karlström (2020). Sökfrågan breddades för att bättre återspegla batteriforskningen under en längre tidsperiod. Då tidsintervallet för denna studie är från 1990-talet och framåt är det viktigt att frågan har god träffbild för den forskning som varit aktuell under hela tidsperioden.

Sökfrågan utvecklades också för att på bästa sätt fånga den globala batteriforskningen. Tidigare studie utgick från svenska forskare. I denna studie kontrollerades sökfrågan även mot forskare i USA, Kanada och Japan. För att verifiera sökfrågan kontrollerades utfall mot forskarna: Patrik Johansson och Daniel Brandell (Sverige), Zempachi Ogumi och Atsuo Yamada (Japan), Jeff Dahn (Kanada) och Ying Shirley Meng (USA).

Starkt bidragande till en kvalitetshöjning var projektets referensgrupp. Gruppen bidrog med förslag på söktermer att använda i frågan, namn på forskare att kontrollera frågan med samt kvalitetsgranskning och diskussion av resultaten.

Sökfrågans form var denna: ((A) ELLER ((B) OCH (C))) MEN INTE (D) där

A = söktermer som är tydligt specifika för batteriforskning, exempelvis "electrochemical cell"

B = ett fåtal söktermer som ofta relaterar till batteriforskning, exempelvis "battery"

C = en mångfald söktermer som tillsammans med B gör det mycket troligt att det handlar om batteriforskning, exempelvis alla olika batterikemier

D = områden som tangerar batteriforskning, exempelvis bränsleceller, och ord som "batteryless"

Sökfrågan letade i varje publikations titel och abstract, mer om det i bilaga A2.

Frågan itererades fram i många steg, där det ena steget är att kontrollera så att helst alla batteripublikationer för valda forskare fångades och andra steget är

att kontrollera så att så få ovidkommande publikationer som möjligt inkluderas. Granskningen av delresultaten utfördes manuellt, dvs om resultatet av en sökfråga får med 350 av 500 publikationer för en forskare måste de som inte kom med granskas ett i taget för att utveckla förståelse för utfallet och om de borde ha kommit med och i så fall hur sökfrågan borde utvecklas.

Urvalet av publikationer för att studera om för många kom med gjordes genom att söka ut alla batteripublikationer för valda länder, sortera dem i bokstavsordning med avseende på titel och sedan manuellt gå igenom de 100 första.

Totalt sett resulterade de avslutande stickproven i att 0 – 3% vetenskapliga publikationer var helt eller delvis felaktiga. Andelen batteripublikationer för utvalda forskare var 50 – 85%. Att resultatet är långt från 100% beror på två faktorer. Den ena är att flera av forskarna faktiskt även har ägnat sig åt andra tekniker, exempelvis bränsleceller, under sin långa karriär. Den andra är att sökfrågan inte klarar av att identifiera vetenskapliga publikationer som förmodligen handlar om batterirelaterade frågor men som är på en så grundläggande nivå, exempelvis materialstudier på atomär nivå, att det inte framgår att kunskapen är relevant för batterier.

En aspekt att notera är därför att sökfrågan har en bias mot tillämpad forskning. Ju mer grundläggande forskningen är, desto lägre är sannolikheten att sökfrågan hittar något ord som har med batteriteknik att göra. Det bör också noteras att volymen publikationer som sökfrågan omfattar med stor sannolikhet innebär en underskattning av den totala volymen.

Det finns flera olika sätt att identifiera publikationer för ett valt område. I Elseviers produkter Scopus och SciVal kan exempelvis topics användas eller namn på ett urval tidskrifter. Främst för att ha kontroll över sökfrågan så att den fungerar på samma sätt även om några år valdes söktermer som sedan kombinerades med "AND", "OR" och "AND NOT".

En teknikalitet bidrog till att göra sökstrategin mer komplicerad. I SciVal och Scopus är grundalternativet att söktermen ska finnas i titel, abstract eller keywords. Det visade sig att keywords inte bara omfattar det fåtal ord som författarna av dokumentet har angivit utan även ett antal ord som satts av någon annan, förmodligen någon som gjort en klassning. Tyvärr för denna studies syfte verkar dessa ord snarare vara satta så att de inte missar något än så att de garanterat omfattas av dokumentet ifråga. Exempelvis fanns "solar cells" i några fall med bland dessa externa keywords, vilket efter genomläsning av artiklarna inte verkade motiverat. Dyliga garderande keywords fungerar mycket dåligt i en sökfråga som använder "AND NOT".

I Scopus men inte SciVal går det att söka bara på titel och abstract. Konsekvensen blev att sökningen gjordes i Scopus medan analysen gjordes i SciVal (och Excel). Export och import mellan de båda systemen har vissa begränsningar som komplicerade arbetet en del. Nedan sökfrågan för Sverige.

```
(( TITLE-ABS ( supercapacitor OR "electrochemical cell" OR "battery electrolyte" OR "polymer electrolyte" OR "battery research" OR "battery management system" OR "battery cell" OR "Li*fe*P*O*" OR "Li*Ni*Mn*O*" OR "Na*Fe*P*O*" OR "Lithium-ion battery" OR "Sodium-ion battery" OR "Li-ion battery" OR "Na-ion battery" OR "Lithium ion battery" OR "Sodium ion battery" OR "Li ion battery" OR "Na ion battery" OR {super-capacitor} OR {li-ion capacitor} OR {li-ion capacitors} OR {Na-ion capacitor} OR {Na-ion capacitors} OR {Lithium ion cell} OR {lithium-ion cell} OR {Li-ion cell} OR {lithium cell} OR {Li-ion cells} OR {lithium cells} OR {lithium ion cells} OR {lithium-ion cells} OR {electrochemical capacitor} OR {pouch cell} OR {cylindrical cell} ) OR ( TITLE-ABS ( *battery OR *batteries OR "energy storage" OR "charge storage" OR "full cell" OR "half cell" OR "charge process" OR "charge cycle" OR "discharge process" OR "discharge cycle" ) AND TITLE-ABS ( electrochemical OR nimh OR nickelmetalhydride OR nickelcadmium OR nicd OR nca OR nmc OR lco OR lmo OR lnmo OR electrolyte OR electrode OR anode OR cathode OR rechargeable OR 18650 OR pouch OR cylindrical OR {state-of-charge} OR {state of charge} OR {fast-charging} OR {fast charging} OR {ionic liquid} OR {ionic liquids} OR {energy density} OR {coin cell} OR {Li-ion} OR {Li ion} OR {Li/ion} OR {Li-o2} OR {Li o2} OR {Li/o2} OR {Li-metal} OR {Li metal} OR {Li/metal} OR {Li-sulfur} OR {Li sulfur} OR {Li/sulfur} OR {Li-sulphur} OR {Li sulphur} OR {Li/sulphur} OR {Li-S} OR {Li S} OR {Li/S} OR {Li-air} OR {Li air} OR {Li/air} OR {Li-oxygen} OR {Li oxygen} OR {Li/oxygen} OR {K-ion} OR {K ion} OR {K/ion} OR {K-o2} OR {K o2} OR {K/o2} OR {K-metal} OR {K metal} OR {K/metal} OR {K-sulfur} OR {K sulfur} OR {K/sulfur} OR {K-sulphur} OR {K sulphur} OR {K/sulphur} OR {K-S} OR {K S} OR {K/S} OR {K-air} OR {K air} OR {K/air} OR {K-oxygen} OR {K oxygen} OR {K/oxygen} OR {Na-ion} OR {Na ion} OR {Na/ion} OR {Na-o2} OR {Na o2} OR {Na/o2} OR {Na-metal} OR {Na metal} OR {Na/metal} OR {Na-sulfur} OR {Na sulfur} OR {Na/sulfur} OR {Na-sulphur} OR {Na sulphur} OR {Na/sulphur} OR {Na-S} OR {Na S} OR {Na/S} OR {Na-air} OR {Na air} OR {Na/air} OR {Na-oxygen} OR {Na oxygen} OR {Na/oxygen} OR {Zn-ion} OR {Zn ion} OR {Zn/ion} OR {Zn-o2} OR {Zn o2} OR {Zn/o2} OR {Zn-metal} OR {Zn metal} OR {Zn/metal} OR {Zn-sulfur} OR {Zn sulfur} OR {Zn/sulfur} OR {Zn-sulphur} OR {Zn sulphur} OR {Zn/sulphur} OR {Zn-S} OR {Zn S} OR {Zn/S} OR {Zn-air} OR {Zn air}
```

OR {Zn/air} OR {Zn-oxygen} OR {Zn oxygen} OR {Zn/oxygen} OR {Ag-ion} OR {Ag ion} OR {Ag/ion} OR {Ag-o2} OR {Ag o2} OR {Ag/o2} OR {Ag-metal} OR {Ag metal} OR {Ag/metal} OR {Ag-sulfur} OR {Ag sulfur} OR {Ag/sulfur} OR {Ag-sulphur} OR {Ag sulphur} OR {Ag/sulphur} OR {Ag-S} OR {Ag S} OR {Ag/S} OR {Ag-air} OR {Ag air} OR {Ag/air} OR {Ag-oxygen} OR {Ag oxygen} OR {Ag/oxygen} OR {Mg-ion} OR {Mg ion} OR {Mg/ion} OR {Mg-o2} OR {Mg o2} OR {Mg/o2} OR {Mg-metal} OR {Mg metal} OR {Mg/metal} OR {Mg-sulfur} OR {Mg sulfur} OR {Mg/sulfur} OR {Mg-sulphur} OR {Mg sulphur} OR {Mg/sulphur} OR {Mg-S} OR {Mg S} OR {Mg/S} OR {Mg-air} OR {Mg air} OR {Mg/air} OR {Mg-oxygen} OR {Mg oxygen} OR {Mg/oxygen} OR {Ca-ion} OR {Ca ion} OR {Ca/ion} OR {Ca-o2} OR {Ca o2} OR {Ca/o2} OR {Ca-metal} OR {Ca metal} OR {Ca/metal} OR {Ca-sulfur} OR {Ca sulfur} OR {Ca/sulfur} OR {Ca-sulphur} OR {Ca sulphur} OR {Ca/sulphur} OR {Ca-S} OR {Ca S} OR {Ca/S} OR {Ca-air} OR {Ca air} OR {Ca/air} OR {Ca-oxygen} OR {Ca oxygen} OR {Ca/oxygen} OR {Al-ion} OR {Al ion} OR {Al/ion} OR {Al-o2} OR {Al o2} OR {Al/o2} OR {Al-metal} OR {Al metal} OR {Al/metal} OR {Al-sulfur} OR {Al sulfur} OR {Al/sulfur} OR {Al-sulphur} OR {Al sulphur} OR {Al/sulphur} OR {Al-S} OR {Al S} OR {Al/S} OR {Al-air} OR {Al air} OR {Al/air} OR {Al-oxygen} OR {Al oxygen} OR {Al/oxygen})) AND NOT TITLE-ABS ("fuel cell" OR "human cell" OR "solar cell" OR {PV-electrolysis} OR {photo-electrochemical} OR {electro-optical} OR {batteryless} OR {battery-free} OR {batteryfree} OR {battery-less} OR {light-emitting} OR {light-emission} OR {water electrolysis} OR {solar power} OR {solar-receiver} OR {solar receiver} OR {solar absorber} OR {solar-absorber})) AND AFFILCOUNTRY (sweden)

Varje tecken i frågan måste vara rätt, annars blir det bara ett felmeddelande när sökningen ska exekveras. I takt med att sökfrågan växte blev det ett problem. Därför skapades en Excel-version av sökfrågan där Excels textbehandlingsfunktioner användes för att lägga till alla citattecken och klamrar.

Bilaga B. Metod - Sökmetodik och urval av patentansökningar

För att bestämma vilka patentansökningar som är att betrakta som tillhörande teknikområdet elektrokemisk lagring "electrochemical storage" har vi utgått ifrån den metod och de resultat som beskrivs av Europeiska Patentverket (EPO*).

Teknikexperter och patentklassificeringsexperter vid EPO har identifierat teknologier relevanta för i vårt fall teknikområdet elektrokemisk lagring "electrochemical storage" och registrerat vilka klassintervall som är relevanta i det kooperativa klassificeringssystemet för patentansökningar, "CPC".

Utifrån denna indelning skapades en tabell (Se Tabell i denna Bilaga) Tabellen innehåller 37 olika teknikområden inom teknikområdet "electrochemical storage". Teknikexperter genomförde sedan Ad-hoc sökningar med hjälp av fulltextdatabaser för att verifiera överensstämmelse. Anomalier utvärderades och korrigerades/rättades om nödvändigt.

| L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | Ranges of CPC classes (combine with GQ) | Specific design | Queries in English |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|----|---|---|--|
| Electrochemical storage | Development at cell level | Lithium and Lithium-ion | Lithium cobalt oxide (cathode) | | H01M4/525, H01M4/131/low | lithium-ion lithium cobalt oxide (LCO) | 15ug (or embodiment?, invention?, aspect?, claim?), (or lithium_cobalt?te?, lithium_cobalt_oxide, Li_Co_O_2) |

Vid identifiering av relevanta teknikområden skiljer man på specifika och icke-specifika klasser. Specifika klasser inkluderades i sin helhet, medan icke-specifika klasser kombinerades med en uppsättning semantiska nyckelord som ytterligare beskriver den avsedda tekniken.

När det gäller patentedokument i dessa ospecifika klasser tillämpades fulltextsökning på alla publicerade dokument i respektive CPC-intervall för att identifiera dokument som avser den avsedda teknologin. Varje sökträff av någon sökterm i en av familjemedlemmarna, även för översättningar, ansågs giltig.

Samtliga patentfamiljer bestående av patentansökningar som gett träff i någon av de 37 fördefinierade områdena enligt tabellen nedan har samlats in. Eventuella dubletter bestående av familjer som tillhör fler än ett område ovan har sållats bort.

| Kod | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | Ranges of CPC classes (co | Specific design | Queries in English | Queries in German | Queries in French |
|-----------------|-------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|---|---|---|--|--|
| Ecs_20220402_21 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Nickel | Nickel-cadmium | H01M10/30 | nickel-cadmium | or (Zog nickel, cadmium), Ni_Cd | or (Zog nickel, cadmium), Ni_Cd | or (Zog nickel, cadmium), Ni_Cd |
| Ecs_20220402_22 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Nickel | Nickel-metal hydride | H01M10/30, H01M10/345/low | nickel-metal hydride (NiMH) | or (4og nickel, hydride?), Ni_M_H (2Ug (or embodiment?, invention?, aspect?, claim?), (or metal, zinc, aluminum, aluminum), (or oxygen, O_2, air), (or battery, batteries, cell?, accumulator?, storage_device?)) and (Sug (or recharging, recharge, recharged, charged, cycling, charging, charge, secondary, cycled, cycling, cycles), (or battery, batteries, cell?, accumulator?)) | (or 4og nickel, hydride?), Ni_M_H (2Ug (or aus?/throughform?, erfingung?, aspr?ch?, aspekt?), (or metals, zink, aluminium), (or sauerstoff+, O_2, luft), (or akku+, batterie, elektrochemisch?? 2D (or speicher??, speicherung??, gespeicher??)), energie-speicher+, energie-speicherung??) and (Sug (or laden, geladen, zykl+, (or akku+ =batterie?, (elektrochem+ 2D speicher+), energie-speicher+)) | (or 4og nickel, hydride?), Ni_M_H (or accumulator?, batterie?, pile?, electrique?) and (Sug (or invention?, revedication?, (mode 2d realisation), aspect?), (or zinc, aluminium, m7tail), (or oxygne, air, O_2), (or accumulator?, batterie?, pile?, electrique?) and (Sug (or recharg??, secondaire?, charg??, secondaire?, cycle??), (or accumulateur?, batterie?, pile?, electrique?) |
| Ecs_20220402_23 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Other metal-air batteries | | H01M12/08 | other metal-air batteries | | or (Sug (or blei, blei_s?ure?, blei_sauer?, (or zelle?, akkumulator??, -batterie?, (elektrochemisch?? 2D (or speicher??, gespeicher??, energie-speicherung??)), energie-speicher??, energie-speicherung??)), blei_akkumulator?? | (or 10ug (or invention?, revedication?, (mode 2d realisation), aspect?), (or zinc, aluminium, m7tail), (or oxygne, air, O_2), (or accumulator?, batterie?, pile?, electrique?) and (Sug (or recharg??, secondaire?, charg??, secondaire?, cycle??), (or accumulateur?, batterie?, pile?, electrique?) |
| Ecs_20220402_24 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Lead-acid | General | H01M10/06/low, H01M4/14/low, H01M4/56/low, H01M4/62?, H01M4/68/low, H01M4/73 | lead-acid batteries in general | 4og lead, acid | | Sug (or plomb, acide, plomb), (or accumulateur?, batterie?, pile?, electrique?) 2Ug (or graphite?, graphitique, carbon??, capacitive, graphite, aje??, graphitique?) (noir 2d (or fumee, lampe, thermique, tunnel, fourneau, acetylene)), nanosubst?, (ketjen 2d black), (ketchen 2d black), (carbon 2d black), (or negativ?, anode?) |
| Ecs_20220402_25 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Lead-acid | Advanced/carbonenhanced | H01M10/06/low, H01M4/14/low, H01M4/56/low, H01M4/62?, H01M4/68/low, H01M4/73 | advanced lead-acid/carbon-enhanced lead-acid | 2Ug (or graphite, carbon+, capacitive, graphene, nanosubst?, (ketjen 2d black), (ketchen 2d black), (carbon 2d black), (or negativ, anode) | 2Ug (or graphit?, grafit?, russ, kapazitiv??, kapazitans, graphen??, nanorohr??, nanor?hren??, (ketjen 2d black), (ketchen 2d black), (carbon 2d black), (or negativ??, anod?) | (or negativ?, anod?) or vanadium, (20UG (4UG v_2x_3) OR (4UG v_4x_5), redox, reduktion??, oxidation??) |
| Ecs_20220402_26 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Redox flow | Vanadium | H01M8/188 | vanadium redox flow batteries | or vanadium, (20UG (4UG v_2x_3) OR (4UG v_4x_5), redox, reduktion??, oxidation??) | | |
| Ecs_20220402_27 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Redox flow | Other | H01M8/184/low | other flow batteries | | | |
| Ecs_20220402_28 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Zinc-halogen | | H01M12/085 | zinc-halogen | | | |
| Ecs_20220402_29 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Sodium-sulfur | | H01M10/3908/low | sodium-sulfur | | | |
| Ecs_20220402_30 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Liquid metal and zebra | | H01M10/399 | liquid metal batteries and zebra battery (Na-NiCl2) | | | |
| Ecs_20220402_31 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Photoelectrochemical storage cells | | H01M14/005 | photoelectrochemical cells | | | |
| Ecs_20220402_32 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Printable batteries | General | H01M/low | printable batteries in general | (or printable_battery, printed_battery, printing_battery, printable_cell?, printed_cell?, printing_cell?, printable_batteries, printed_batteries, printing_batteries) and (Sug (or recharging, recharge, recharged, charged, cycling, charging, charge, secondary, cycled, cycling, cycles), (or battery, batteries, cell?, accumulator?, storage_device?)) (or printable_battery, printed_battery, printing_battery, printable_cell?, printed_cell?, printing_cell?, printable_batteries, printed_batteries, printing_batteries) and (Sug (or recharging, recharge, recharged, charged, cycling, charging, charge, secondary, cycled, cycling, cycles), (or battery, batteries, cell?, accumulator?, storage_device?)) and (or zinc_polymer, (Sug zinc, polymer?, electrolyte?)) | (or druckbar??, batterie?, gedruckte??, batterien?, druckbar??_akkumulator??, gedruckte??_akkumulator??, druckbar??_zelle?, gedruckte??_zelle?), and (Sug (or laden, geladen, zyklen, zyklisieren, zyklisierung, gezykl+), (or akkumulator??, batterie?, (elektrochemisch?? 2D (or speicher??, speicherung??)), energie-speicher??, energie-speicherung??)) (or druckbar??_batterie?, gedruckte??_batterie?, druckbar??_akkumulator??, gedruckte??_akkumulator??, druckbar??_zelle?, gedruckte??_zelle?) and (Sug (or laden, geladen, zyklen, zyklisieren, zyklisierung, gezykl+), (or akkumulator??, batterie?, (elektrochemisch?? 2D (or speicher??, speicherung??)), energie-speicher??, energie-speicherung??)) and (or zink_polymer??, zink_polymer?elektrolyt?, (Sug zink, polymer?, electrolyt?)) | (or batterie?_imprim????, accumulateur?_imprim????, pile?_imprim????) and (Sug (or recharg??, charg??, secondaire?, cycle??), (or accumulateur?, batterie?, pile?, electrique?) |
| Ecs_20220402_33 | Electrochemical storage | Development at cell level | Other chemistries | Printable batteries | Zinc polymer | H01M/low or H01M10/02, H01M10/04/LOW, H01M10/05/LOW, H01M10/06/LOW, H01M10/20/LOW, H01M10/24/LOW, H01M10/34/LOW, H01M10/36/LOW, H01M13/10/LOW, H01M8/188, H01M4/13/LOW, H01M4/14/LOW, H01M4/24/LOW, H01M4/36/LOW, H01M4/62/LOW, H01M4/64/LOW, H01M2/02/LOW, H01M2/12/LOW, H01M2/14/LOW, H01M2/22/LOW, H01M2/30/LOW, H01M2/32/LOW, H01M2/34/LOW) | printable zinc polymer | (or zinc_polymer, (Sug zinc, polymer?, electrolyte?)) | (or druckbar??_batterie?, gedruckte??_batterie?, druckbar??_akkumulator??, gedruckte??_akkumulator??, druckbar??_zelle?, gedruckte??_zelle?) and (Sug (or laden, geladen, zyklen, zyklisieren, zyklisierung, gezykl+), (or akkumulator??, batterie?, (elektrochemisch?? 2D (or speicher??, speicherung??)), energie-speicher??, energie-speicherung??)) and (or zink_polymer??, zink_polymer?elektrolyt?, (Sug zink, polymer?, electrolyt?)) | (or batterie?_imprim????, accumulateur?_imprim????, pile?_imprim????) and (Sug (or recharg??, charg??, secondaire?, cycle??), (or accumulateur?, batterie?, pile?, electrique?) |
| Ecs_20220402_34 | Electrochemical storage | Development at cell level | All developments | | | | rechargeable batteries: developments at cell-level | | or fahzeug?batterie?, fahzeug?akkumulator??, autobatterie?, (Sug (or akku?, akkumulator??, batterie?, (elektrochemisch?? 2D speicher??), energie_speicher??, speicher_batterie?, batterie_speicher??, strom_speicher??), (or schiff?, auto?, fahzeug??, LKW?, PKW?, hybrid_fahzeug??, fahrrad??, pedelec?, flieger?, flugzeug??, helikopter?, hubschrauber?, drone?, untersieboot??, U_boot??, autobus???, lastkraftwagen??, luftwagent?, krad??, motor??d????) | Sug (or batterie?, pile?, cellule?, accumulateur?), (or AUTOMOBILE?, MOBILETTE?, MOTOD?, MOTOCYCLETTE?, TRACTEUR?, VEHICULE?, VOITURE?, camion?, autobus, AERONEF?, AERONAUF?, AVIATION, AVION?, HELICOPTERE?, drone?, pedelec?, scooter?, train?, BATEAU?, NAVALE?, NAVRES?, VAISSEAU?, YACHT?) |
| Ecs_20220402_35 | Electrochemical storage | Integration in equipment (battery packs) | Automotive applications | | | H01M2/1072/low not (or H01M6/LOW, H01M4/06/low) | battery packs for automotive applications | Sug (or battery, batteries, accumulator?, (or electricity, electrical, electric), (or AUTOMOBILE?, AUTOMOTIVE, autobus??, CAR, LOBRY, MOTORCAR?, TRUCK?, VEHICLE?, bicycle?, lorry, pedelec?, airplane?, aircraft?, motorbike?, scooter?, tsan?, helicopter?, drone?, submarine?, ship?) | | |
| Ecs_20220402_36 | Electrochemical storage | Integration in equipment (battery packs) | Portable applications | | | H01M2/1022/low not (or H01M6/LOW, H01M4/06/low) | battery packs for portable applications | | | |
| Ecs_20220402_37 | Electrochemical storage | Integration in equipment (battery packs) | Stationary applications | | | H01M2/1072/low not (or H01M6/LOW, H01M4/06/low) | battery packs for stationary applications | Sug (or battery, batteries, accumulator?, storage?, electricity, electrical, electric), (or stationary, off_peak, peak_level?ing, peak_shaving, load_level?ing, load_shifting, arbitrage, arbitration, building?, residential, (behind 2d meter?), UPS, uninterruptible) | Sug (or akku?, akkumulator??, batterie?, (elektrochemisch?? 2D speicher??), energie_speicher??, speicher_batterie?, batterie_speicher??, strom_speicher??), (or station???, UPS, geb?ude?, USV, unterbrechungsfreie_stromversorgung??) | Sug (or batterie?, pile?, cellule?, accumulateur?), (or sans_interruption?, stationnaire?, UPS, ASI, ASSC, alimentation_statique?, batiment?, immeuble?, edifice?) |
| Ecs_20220402_38 | Electrochemical storage | Thermal management | | | | H01M2/1072/low not (or H01M6/LOW, H01M4/06/low) | battery packs for stationary applications thermal management of batteries | | | |

Bilaga C. Metod - Kvalitetsvärdering av patentansökningar med TBI

Att mäta en patentansökans tekniska och ekonomiska värde baserat på indikatorer i *patentdata*.

Cascelottes metod för att värdera patentansökningar baserar sig på välkända och väldokumenterade definitioner för mätning av det tekniska och ekonomiska värdet av patentansökningar. (se OECD och referenslista).

Metoden bygger på att analysera ett stort antal *indikatorer* som finns tillgängliga i *patentdata* och beräknas på *kohorter*. Kohorter definieras genom kombinationen av det tekniska område (*patentklassificering*) patentansökan befinner sig i och året för inlämnande av patentansökan.

Att metoden bygger på kohorter innebär att patentansökningar från olika teknikområden och ansökningsår inte jämförs med varandra, således ska analyser och jämförelser för patentansökningar med skilda teknikområden och ansökningsår göras med stor försiktighet.

Indikatorerna vägs samman i ett *kompositindex* vilket är en sammanvägning och mixning av olika indikatorer genom att tilldela varje indikator olika stor betydelse för det slutgiltiga resultatvärdet. För att bestämma hur ett kompositindex ska konstrueras behövs mycket ingående förståelse för hur varje indikator är konstruerad och hur den påverkar resultatvärdet. Kompositindex är relativt, vilket innebär att resultatvärdet för alla patentansökningar i samma *kohort* normaliseras och distribueras gentemot varandra.

Technology Business Index – TBI är ett, av Cascelotte skapat, kompositindex där samtliga ingående indikatorer är vetenskapligt bekräftade att påverka det tekniska och ekonomiska värdet av en patentansökan genom flertalet olika studier. TBI baseras på avancerade algoritmer för att vikta indikatorer och beräkna kompositindex i olika kohorter. Förståelsen och analysen av hur kohorter skapas är fundamental för träffsäkerheten i analyserna.

TBI är inte ett normal fördelat mått, utan både utfallet och spridningen är skev. Kortfattat kan dock konstateras följande tre viktiga tröskelvärden för TBI:

- TBI under 30: Det är statistiskt sannolikt att en patentansökan med ett TBI under 30 inte kommer få någon ekonomisk inverkan.
- TBI mellan 30–70: Modellen kan inte med statistisk säkerhet avgöra om patentansökan får ekonomisk påverkan eller ej.
- TBI över 70: Det är statistiskt sannolikt att patentansökan med TBI över 70 får ekonomisk påverkan.

Både de ingående indikatorerna, kompositindex och TBI förändras över tid.

I denna studie har resultaten sammanfattats i två tydliga TBI mått:

- 1) Andel patentansökningar med ett TBI värde större än 70 (TBI>70).
- 2) Andel patentansökningar med ett TBI värde större än 90 (TBI>90).

Patentklassificering

När en patentansökan lämnas in för granskning och bedömning av en patentmyndighet kommer ansökan att ges en teknisk klassificering enligt ett eller flera klassificeringssystem. Systemen har funnits och utvecklats under lång tid och bygger på en grundläggande teknisk hierarki. En patentansökans tekniska klassificering kan bestå av ett antal olika patentklasser.

| Nivå | Antal delar/Nivå | Benämning | Beskrivning |
|----------|------------------|-----------|---|
| Sektion | 9 | H | Electricity |
| Klass | 127 | H01 | Basic electric elements |
| Subklass | 654 | H01C | Resistors |
| Grupp | 10 633 | H01C 3 | Non-adjustable metal resistors made of wire or ribbon, e.g. coiled, woven or formed as grids |
| Subgrupp | 254 794 | H01C 3/08 | Dimension or characteristic of resistive element changing gradually or in discrete steps from one terminal to another |

Patentindikatorer

Nedan beskrivs några av de indikatorer som ligger till grund för Cascelottes metod att värdera patentansökningar. Indikatorerna som används kan appliceras på alla patentansökningar som har en tillgänglig sökrapport och har fördelen att de beror på en homogen och väldefinierad informationsmängd och är jämförbara mellan länder och över tid. Beskrivningarna nedan är inte avsedda att vara kompletta eller att utgöra en fullständig beskrivning av dess vetenskapliga grund. De är avsedda att ge en förenklad bild av respektive indikatorns innebörd. Observera att Cascelotte använder fler och mer utvecklade indikatorer än nedan.

Patentansökningars omfattning (Patent scope);

Definieras genom hur många olika *patentklasser* ett *patent* eller en *patentansökan* klassificerats i. En *patentansökans* omfattning associeras ofta med dess relativa tekniska och ekonomiska värde. Omfånget definieras i viss mån både den tekniska bredden och den tänkbara marknaden som patentansökan adresserar. Omfång kan konstrueras antingen utifrån varje enskild *sökrapport* i en *patentfamilj* eller för patentfamiljen som helhet. I vissa fall används även omfång för beskrivning av ett företags, organisations eller privatpersons alla patent dvs *patentportföljen* och således dess totala tekniska bredd och tekniska marknad.

Patentfamiljens storlek (Patent family size);

Definieras som det totala antalet *patentansökningar* eller *patent* med samma tekniska innehåll. En patentfamilj består oftast av *patent* och *patentansökningar* med samma tekniska innehåll men som är spridda geografiskt mellan olika jurisdiktioner. (länder och/eller regioner) Patentfamiljens storlek har en mycket tydlig koppling till en patentansökans tekniska och ekonomiska värde, då den beskriver den totala möjliga marknaden där patentansökan ger skydd för den beskrivna tekniken. För att öka träffsäkerheten i indikatorn kan den konstrueras tillsammans med uppgifter om varje jurisdiktions invånarantal, BNP eller liknande.

Patentansökans beviljandetid (Grant lag);

Definieras som tiden mellan datumet för patentansökan och datum för patentets beviljande. Indikatorn bygger på forskning som visar att sökanden kommer att försöka accelerera tiden för ett beviljande för sina mest värdefulla patent.

Bakåtciteringar (Backward citations);

Citeringar till tidigare publicerad teknik antingen tidigare publicerade patentansökningar eller icke patentlitteratur (*IPL-NPL*) till exempel vetenskapliga publiceringar. Har i vissa studier visat sig ha en positiv korrelation till patentansökans värde. Samtidigt finns det studier som visar att ett mycket stort antal bakåt citeringar kan indikera att innovationen som skyddas är av mindre betydelse. Det är viktigt att påpeka att regler och praxis för hantering av citeringar kan skilja sig åt mellan olika jurisdiktioner.

Citeringar av icke-patent litteratur (IPL) (Citations to non-patent literature (NPL));

Citeringar till framför allt vetenskapliga publiceringar kan påvisa att patentansökan ligger nära den vetenskapliga forskningen och påvisar därför ett samband mellan vetenskap och industriell utveckling. Studier har visat att patentansökningar som citerar IPL är av betydligt högre värde än de som inte gör det.

Patentkrav (Claims),

Patentkraven bestämmer gränsen för den exklusiva rätt som patentinnehavaren har. Patentkravens utformning och lydelse är utan tvekan den mest värde drivande delen av ett patent. Studier har visat att även antalet patentkrav, beroende eller oberoende kan påverka en patentansökans värde. Detta för att ett ökat antal patentkrav kan påverka den möjliga legala bredden på vad som är skyddat, men även för att ett ökat antal krav kan innebära en större kostnad för *sökande* genom högre avgifter.

Framåtciteringar (Forward citations), är citeringar en patentansökan eller ett patent får av senare publicerad patent- eller icke-patent litteratur. Antalet framåtciteringar indikerar ett patents tekniska genomslagskraft och speglar i vilken mån ett patent har påverkat senare utvecklad teknik. Antalet framåtciteringar och framåtciteringarnas art påverkar en patentansökans relativa värde

Generalitet (Generality); Definieras som den tekniska spridningen på framåtciteringar genom att mäta *framåtciteringarnas* distribution inom den tekniska patentklassificeringen (IPC, CPC). Generalitetsindikatorn påvisar således hur stor teknisk spridning det är på den teknik som påverkas av patentet. Generalitetsindikatorn relaterar på så sett till den möjliga tekniska marknaden, och således värdet, som patentansökan adresserar

Originalitet (Originality), Definieras som den tekniska spridningen på bakåtciteringar genom att mäta *bakåtciteringarnas* distribution inom den tekniska patentklassificeringen (IPC, CPC). På så sätt visar denna indikator på bredden hos den teknik som patentansökan vilar på. Originalitetsindikatorn visar på om och i vilken utsträckning patentansökan kommer från nya kombinationer av tidigare känd teknik. Om ett patent eller en patentansökan anses ha högt mått av originalitet så anses även dess värde högt relativt ansökningar och patent med mindre originalitet.

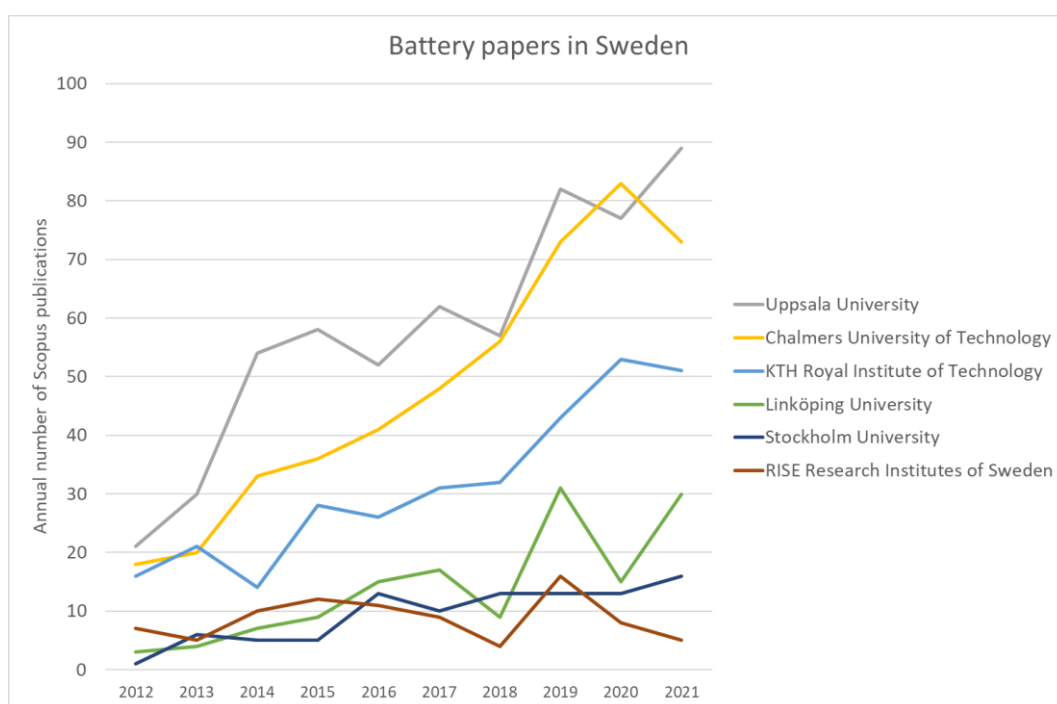
Radikalitet (Radicalness); Definieras som skillnaden mellan bakåtciteringarnas tekniska omfång och patentansökans tekniska omfång beskrivet genom dess klassificering (IPC/CPC). Indikatorn mäter således hur många olika teknikklasser som anges av bakåtciteringarna men där patentansökan själv inte är klassificerad. En patentansökans radikalitet indikerar således att det bygger på annan teknik än det själv beskriver.

Bilaga D: Senaste om batteriforskning i Sverige fram till 2021

Både patentansökningar och vetenskapliga publikationer blir ofta publikt tillgängliga först flera år efter att resultaten genererades. Medan patentdata i denna studie till stor del var tillgängliga fram till 2019 anses publikationer i Scopus vara minst 95% kompletta i maj året efter. Då uttaget av vetenskapliga publikationer för denna studie utfördes under juni månad 2022, är alltså data för 2021 skäligt tillförlitliga i de flesta avseenden. Dock bör citeringsanalyser av färsk publikationer tolkas med försiktighet.

Huvuddelen av studien jämför patentansökningar och vetenskapliga publikationer och givetvis har samma tidsperioder använts för de båda. För att tillhandahålla en så aktuell bild som möjligt av batteriforskningen följer här några data för tioårsperioden 2012 till och med 2021 med fokus på Sverige.

Diagram och tabell inkluderar organisationer med minst 50 batteri-relaterade vetenskapliga publikationer under tidsperioden.



Figur 14. Chalmers och Uppsala har under hela perioden störst volym av vetenskapliga publikationer, därefter följer KTH.

| | Volume 2012 - 2021 | | Citation impact | Int'l co-publications | Share of academic-corporate co-publications |
|------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|
| | Total | Share of Sweden | FWCI | FWIS | |
| Chalmers University of Technology | 481 | 28.9% | 2.52 | 1.72 | 10.8% |
| KTH Royal Institute of Technology | 315 | 18.9% | 2.33 | 1.42 | 9.5% |
| Linköping University | 140 | 8.4% | 3.09 | 1.78 | 2.1% |
| RISE Research Institutes of Sweden | 87 | 5.2% | 2.01 | 0.70 | 10.3% |
| Stockholm University | 95 | 5.7% | 2.72 | 1.68 | 8.4% |
| Uppsala University | 582 | 35.0% | 2.00 | 1.42 | 7.2% |
| Sweden | 1,663 | | 2.29 | 1.63 | 8.7% |

Tabell 13.

Tabellen bekräftar att det är tre universitet som står för en stor andel av alla batterirelaterade publikationer, cirka 83%. Citeringsgenomslaget är högt för samtliga och alla förutom RISE har ungefär samma andel internationellt samförfattade som genomsnittliga vetenskapliga publikationer i Sverige. Linköpings universitet har högst citeringsgenomslag och mest internationella sampubliceringar, men endast tre av lärosätets batterirelaterade publikationer är samförfattade med något företag. Högst andel av sådana publikationer har Chalmers, tätt följt av RISE, som normalt sett kanske borde vara i en klass för sig i detta avseende.

| Uppsala University top five partners | | Chalmers University of Technology top five partners | | KTH Royal Institute of Technology top five partners | |
|--------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Name | Volume 2012 - 2021 | Name | Volume 2012 - 2021 | Name | Volume 2012 - 2021 |
| KTH Royal Institute of Technology | 64 | Uppsala University | 35 | Uppsala University | 64 |
| Stockholm University | 37 | CNRS | 28 | Chalmers University of Technology | 26 |
| Chalmers University of Technology | 35 | Gyeongsang National University | 26 | RISE Research Institutes of Sweden | 23 |
| Shanghai University | 23 | KTH Royal Institute of Technology | 26 | Scania AB | 15 |
| Paul Scherrer Institute | 20 | RISE Research Institutes of Sweden | 26 | Mälardalen University | 12 |

Tabell 14

I tabellerna ovan visas de tre största aktörernas samarbeten i termer av sampubliceringar. Det bör noteras att en sampublicering kan betyda att en person med dubbla anknytningar, exempelvis KTH och RISE har medverkat i publikationen tillsammans med minst en annan person på KTH eller RISE. Chalmers verkar inte ha någon tydlig prioriterad partner. Uppsala och KTH samarbetar mest med varandra. De utländska parter som finns med i tabellerna är baserade i Kina, Schweiz, Frankrike och Korea.