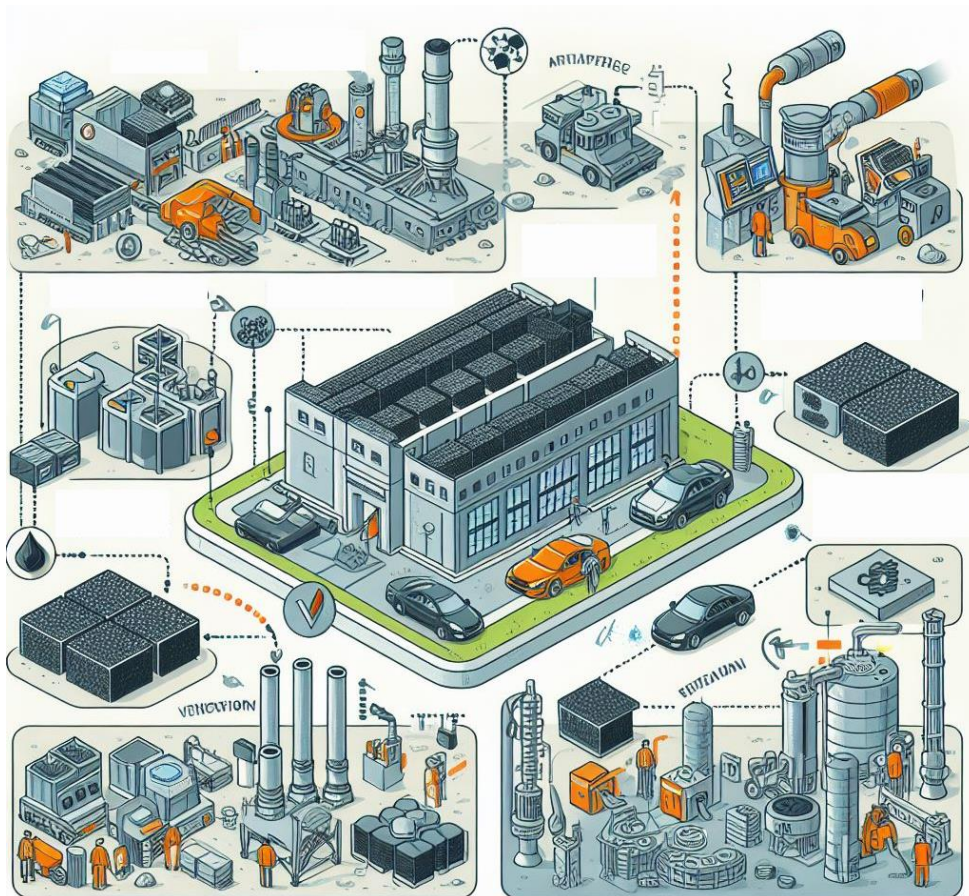


En svensk arena för grafitkopplad  
forskning, utveckling och innovation  
för att stötta uppbyggnad och utveckling av en  
hållbar grafitvärdekedja i Sverige



AI genererad illustration

# Innehåll

1) Förord	3
2) Genomförbarhetsstudien	3
3) Sammanfattning	4
4) Bakgrund	7
5) En svensk arena för forsknings, utveckling och innovation	10
a) Det samlade konceptet	10
b) Svenska industriella värdekedjan för hållbara, högt förädlade, grafitbaserade produkter	10
c) Arenan för forskning, utveckling och innovation av grafitbaserade komponenter och produkter	11
d) Befintliga aktörer	16
e) Befintliga relevanta testbäddar	18
6) Genomförande för att bygga upp samverkansarenan	19
a) Samverkansplattformar	19
b) Uppbyggnad av kompletterande kompetens och testbäddar	22
c) Utvecklingsprojekt kopplat till arenan – finansiering	24
d) Budget och finansiering	25
Bilaga 1 - Grafit och grafitvärdekedjor	29
a) Vad är grafit, hur används det och var finns primärproduktionen	29
b) Användningsområden och marknad	31
c) Produktion av grafit	36
d) Marknadspåverkan	37
e) Dagens svenska värdekedja	38
Bilaga 2 – identifierade testbäddar som kan ha en tydlig koppling till grafit	43
Bilaga 3 – de intressenter som vi fört dialog med under genomförbarhetsstudien	46

## 1) Förord

Denna rapport är resultatet av en genomförbarhetsstudie som utförts under perioden 2023-10-16 - 2024-05-31.

Bakgrunden är att H2SE Consulting och Åström Analys, på uppdrag av Luleå Näringsliv AB, genomfört en förstudie för att undersöka förutsättningarna att i Norrbotten etablera ett grafitforskningscentrum, i syfte att understödja näringslivets utveckling och bidra till forskning och hög innovationsförmåga. Denna genomförbarhetsstudie är en breddning och fördjupning av den förstudien, inkluderat ett utkast på vad som krävs för att sätta upp en svensk arena för forsknings, utveckling och innovation av grafitbaserade produkter

De som genomfört studien och författat rapporten är; David Mattsson och Maciej Wysocki på RISE, Ulf Westerberg på Piteå Science Park och konsulten Hans Hansson på H2SE Consulting AB.

Finansiärer av genomförbarhetsstudien är; Region Norrbotten, Piteå Kommun, Luleå Kommun och Piteå Science Park.

## 2) Genomförbarhetsstudien

Genomförbarhetsstudiens arbetspaket bestod av följande delar:

- Konceptualisering och en första beskrivning av ett forsknings- och innovationscentrum för grafit i Norrbotten - hypotes
- Dialog med olika målgrupper för att såväl undersöka vad målgrupperna efterfrågar gällande ett forsknings- och innovationscentrum, som vad som gör ett forsknings- och innovationscentrum framgångsrik
- Omvärldsbevakning för att bygga upp ett starkt forsknings- och innovationscentrum
- Modifiering av vår första beskrivning av ett forsknings- och innovationscentrum för grafit i Norrbotten – utifrån dialoger och omvärldsbevakning kopplat till vår hypotes
- Förankring av det samlade konceptet hos målgrupperna och konkretisering av deras respektive åtagande

Vi har fört dialog med olika delar av värdekedjan för grafitbaserade produkter, där vi haft kontakt med:

- Stora etablerade företag, (tex Northvolt, Scania, Talga, m.fl.) för att stämna av kompetensbehov och behov av stöd i utveckling och innovation
- SMFs/Startups (SSAC, HYMETH, m.fl.) för dialog om innovationsbehov för små företag
- FoU-aktörer (LTU, KTH, MiUN, RISE) för avstämning av FoU-områden och framtida samverkan
- Business Sweden/Invest In Norrbotten/Torsboda Industrial Park för dialog om hantering av inkommande etableringar inom värdekedjan

- Forskningsfinansiärer (VINNOVA, Energimyndigheten, FORMAS) för dialog om möjligheter till finansiering av såväl kompetensutveckling som kompletterande testbäddar för att bygga FoU-förmåga, som projektfinansiering

Under arbetet med denna studie har vi fått mycket positiv respons samt konkreta förslag på förbättringar och kompletteringar av vårt första utkast till FoI-centrum. Responsen från såväl företag, akademi och forskningsfinansiärer pekar på att det finns ett behov och önskemål om att realisera en nationell arena för grafitkopplad forskning, utveckling och innovation och en stor vilja från intressenterna att medverka.

När det gäller sista arbetspaketet - Förankring av det samlade konceptet hos målgrupperna och konkretisering av deras respektive åtagande – så har vi inte gjort det fullt ut under projektets utförandeperiod, men RISE och Piteå Science Park kommer att ta detta koncept vidare och planerar att i samverkan med Vinnova och Energimyndigheten genomföra ett första samverkansplattformmöte inom hela FoI-arenan under hösten 2024, dit alla intressenter blir inbjudna, inkluderat innovationsstödssystemet.

### 3) Sammanfattning

Grafit har traditionellt sett främst använts i metallurgiska tillämpningar och tillväxten för både syntetisk och naturlig grafit har därför följt metallindustrins utveckling. Olika prognoser för framtida efterfrågan på grafit varierar stort, men de pekar alla på att den kommer att öka mycket snabbt, främst på grund av en starkt ökad efterfrågan på batterier till el- och hybridfordon, samt för elektrolysörer som spjälkar vatten till vätgas och bränsleceller som omvandlar vätgas till el och slutligen för elektroder i ljusbågsugnar.

Den kraftigt ökade efterfrågan på grafit samt starka drivkrafter att bygga upp en säkrare försörjning av innovationskritiska metaller och mineraler, varav grafit är ett, driver aktiviteter för att stärka leverantörskedjorna.

Globalt domineras samlade grafitproduktionen av Kina, syntetisk och naturlig. De globala tillgångarna av naturlig grafit domineras däremot av de fyra länderna; Turkiet, Kina, Brasilien och Sverige. Värt att notera är att det endast är Sverige och Norge som har grafitillgångar i Europa. Sverige kan därmed vara med och bidra till EUs strategi för försörjning av just denna innovationskritiska mineral.

Den norrbottniska grafitens hållbarhet – miljömässig, ekonomisk och social – kommer att utgöra ett viktigt mervärde.

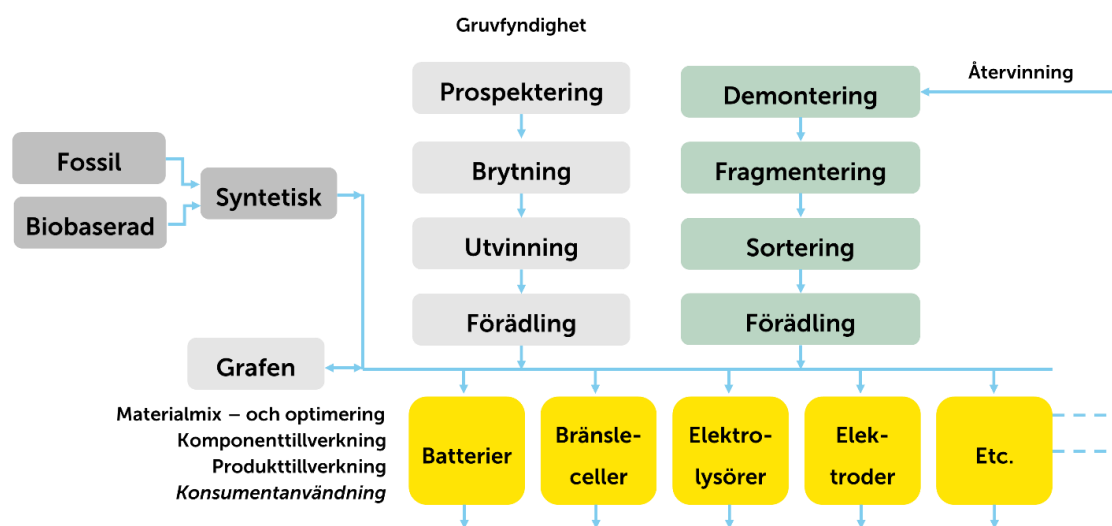
Den omfattande aktiviteten i Europa kring batterier, bränsleceller och elektrolysörer, i kombination med strävan att i möjligaste mån bygga upp europeiska leverantörskedjor, torde därmed skapa avsevärda affärsmöjligheter baserade på norrbottnisk grafit.

Sverige har redan tagit position inom vissa områden i grafitvärdekedjorna och har stor potential inom andra. Vi har gruvfyndigheter och brytning av naturlig grafit är på gång, det etableras tillverkning av syntetisk grafit, samt återvinning av grafit och vi har flera industrier i drift eller under uppbyggnad som har stora behov av grafit, bl.a. för battericellstillverkning, men även i elektroderna i de nya ljusbågsugnar som kommer att användas av H2 Green Steels "mini mill" i Boden och SSAB vid deras nya "mini mills" i Luleå och Oxelösund.



Den vision vi har är att; stötta en fortsatt uppbyggnad av en svensk industriell värdekedja för hållbara, högt förädlade, grafitbaserade produkter, samt bygga upp en för värdekedjan stöttande arena för forskning, utveckling och innovation av grafitbaserade komponenter och produkter. En arena som följer hela värdekedjan och omfattar alla nivåer av teknikmognadsgrad, men med tyngdpunkt på tillämpad utveckling och innovation (UoI.)

Att bygga värdekedja blir en kombination av organisk tillväxt och att skapa attraktionskraft kring etablering i Sverige av redan existerande företag.



Arenan för forskning, utveckling och innovation av grafitbaserade komponenter och produkter skall starta med materialförsörjning till de olika användningsområdena, via de tre primära kanalerna som är tillgängliga; syntetisk, naturlig, och återvunnen grafit.

Sedan ligger fokus på hur man kan mixa och utveckla materialen för att optimera såväl funktionella som fysikaliska egenskaper för komponenterna/produkterna, samt för att underlätta effektiva tillverkningsprocesser och framtida återvinning.

Därefter handlar det om att optimera komponenter som skall in i produkter, alternativt helt grafitbaserade produkter, när det gäller såväl funktion som tillverkningsprocesserna.

Slutligen måste arenans forskning och utveckling (FoU) naturligtvis hantera återvinningsprocesserna, så att materialet kan återcirkuleras in i värdekedjan.

Arenan samordnar och bedriver forskning och utveckling inom fyra fokusområden:

- materialvetenskap
- tillverkning och processvetenskap
- återvinning
- strukturell design

FoU-inriktningen skall täcka hela värdekedjan, samt olika teknikmognadsnivåer, även om tyngdpunkten skall vara tillämpad, dvs hög teknikmognadsnivå.

Forskningen bedrivs med produkten i centrum, i stark samverkan mellan industri och forskningspartners, samt SMF/Startups och innovationssystemet, med ambitionen att omsätta forskning till nya processer och produkter.

Det finns delar av forskningsmiljöer och testbäddar på plats, men dessa måste utvecklas och kompletteras. Även kompetens och omfattningen av resurser hos forskningsaktörerna måste stärkas. Detta gäller framförallt på applikationssidan.

Då initiativet handlar om uppbyggnad av en svensk arena för forsknings- och innovation så är en primär aktivitet att skapa kontakter/nätverk och samverkan mellan olika målgrupper, vilket kräver en satsning på att skapa olika samverkansplattformar.

Syftet med samverkansplattformarna skiljer sig åt, så vårt förslag är att det skall bli tre olika; hela FoU-arenan, FoU värdekedjan, samt Innovationsresor – SMF och Startups. Den sista blir inte en nationell arena, utan snarare tre till fyra regionala arenor.

Den hypotes som vi hade är diskuterad med ett antal olika intressenter i värdekedjan och bland forskningsutövarna. Överlag har intresset kring etablering av denna arena varit väldigt hög och vi har fått en hel del förslag på kompletteringar som vi byggt in i detta förslag på genomförandeplan.

Författarna av rapporten föreslår att starta uppbyggnaden av denna arena för forskning, utveckling och innovation av grafitbaserade komponenter och produkter med att bjuda in till ett första samverkansplattformmöte inom hela FoU-arenan under hösten 2024, dit alla intressenter blir inbjudna, inkluderat innovationsstödssystemet.

## 4) Bakgrund

Grafit är ett mineral som helt består av grundämnet kol. Kolatomerna bildar plana skikt med kristaller av hexagonstruktur.

Grafit förekommer naturligt men kan också framställas på syntetisk väg. Merparten av den syntetiska grafiten produceras i Kina, USA, Indien och Brasilien. Även naturlig grafit produceras till största delen i Kina och Brasilien, samt i Moçambique och Madagaskar. I Sverige är produktionen av naturlig grafit idag försumbar, men det finns stora fyndigheter i Norrbotten och i Hälsingland.

Grafit har traditionellt sett främst använts i metallurgiska tillämpningar och tillväxten för både syntetisk och naturlig grafit har därför följt metallindustrins utveckling, med en årlig tillväxt om cirka 4 % per år. Av den globala produktionen 2021 gick cirka 65 % till metallindustrin. Användningen av grafit i batterier hade dock mellan 2011 och 2021 en årlig tillväxt av 9,5 % och tar därmed marknadsandelar. Olika prognoser för framtida efterfrågan på grafit varierar stort, men de pekar alla på att den kommer att öka mycket snabbt, främst på grund av en starkt ökad efterfrågan på batterier till el- och hybridfordon samt energilagring, men också på en snabbt tilltagande elektrifiering av industriella processer, samt ökad användning av vätgas. I sådana tillämpningar behövs syntetisk och naturlig grafit till batterier, bränsleceller och elektrolysörer, vilka är de områden som prognostiseras dominera efterfrågan på grafit under kommande år och decennier.

Det finns tydliga drivkrafter i både EU och USA för att få bättre trygghet i leverantörskedjorna för batterier och andra tillämpningar. Europeiska kommissionen tillkännagav i mars 2023 lagförslaget "Critical Raw Materials Act", i syfte att stärka europeiska leverantörskedjor för kritiska råmaterial, varav naturlig grafit är ett innovationskritiskt material.

Critical Raw Materials Act ska:

- stärka Europas leverantörskedjor för kritiska råmaterial
- diversifiera EUs import av kritiska råmaterial
- följa upp och förebygga risker avseende tillgång till kritiska råmaterial och samtidigt säkerställa skydd av miljön genom fokus på cirkularitet och hållbarhet
- säkerställa fri rörlighet för kritiska råmaterial inom EU

Den kraftigt ökade efterfrågan på grafit och starka drivkrafter att bygga upp en säkrare försörjning av innovationskritiska metaller och mineraler, varav grafit är ett, driver aktiviteter för att stärka leverantörskedjorna. År 2011 var den totala grafitproduktionen i världen 2 400 kton, varav 1 500 kton syntetisk och 900 kton naturlig grafit. I slutet av 2021 var den globala produktionen av syntetisk och naturlig grafit 2 800 kton.

Den årliga tillväxten för syntetisk och naturlig grafit prognostiseras framgent bli 8,5 %, vilket skulle innebära en fördubbling av produktionen från 2021 till omkring 5 800 kton 2030. Den största ökningen förväntas skapas av bilindustrins efterfrågan på batterier med grafitanoder. Prognoserna av tillväxttakten för efterfrågan på naturlig grafit varierar kraftigt mellan olika marknadsrapporter, men samtliga förutspår kraftiga ökning. Den

prognostiserade efterfrågeökningen är flerfaldt högre än den prognostiserade produktionen. Andelen naturlig grafit förväntas öka, vilket delvis beror på att naturlig grafit har bättre förutsättningar att uppfylla bilindustrins skärpta miljökrav. En viss del av denna ökning, som främst torde tillfredsställas med syntetisk grafit, förväntas utgöras av grafitelektroder till ljusbågsugnar som i snabbt ökande utsträckning används i metallurgiska tillämpningar.

Merparten av den syntetiska grafiten producerades i Kina, USA, Indien och Brasilien (vilket innebär att energin som används för produktionen i praktiken oftast är genererad från kol eller petroleumprodukter).<sup>1</sup> Även naturlig grafit producerades till största delen i Kina, men även i Brasilien, Moçambique och Madagaskar. Till 2021 hade produktionen av naturlig grafit ökat med omkring 15 %, se Tabell 1. Tabellen visar också att de kända fyndigheterna av naturlig grafit är förhållandevis stora.

Land	Produktion (kton)	Andel (%)	Land	Reserver (kton)	Andel (%)
Kina	820	79%	Turkiet	90 000	28%
Brasilien	68	7%	Kina	73 000	22%
Moçambique	30	3%	Brasilien	70 000	22%
Ryssland	27	3%	Madagaskar	26 000	8%
Madagaskar	22	2%	Moçambique	25 000	8%
Ukraina	17	2%	Tanzania	18 000	6%
Norge	13	1%	Indien	8 000	2%
Nordkorea	8,7	1%	Uzbekistan	7 600	2%
Kanada	8,6	1%	Mexiko	3 100	1%
Indien	6,5	1%	Nordkorea	2 000	1%
Vietnam	5,4	1%	Sri Lanka	1 500	0%
Sri Lanka	4,3	0%	Norge	600	0%
Mexiko	3,5	0%	Kanada	Uppgift saknas	
Turkiet	2,7	0%	Ryssland	Uppgift saknas	
Österrike	0,5	0%	Tyskland	Uppgift saknas	
Tyskland	0,3	0%	Ukraina	Uppgift saknas	
Tanzania	0,15	0%	Vietnam	Uppgift saknas	
Uzbekistan	0,11	0%	Österrike	Uppgift saknas	
<b>Summa</b>	<b>1 038</b>	<b>100%</b>	<b>Summa</b>	<b>324 800</b>	<b>100%</b>

Tabell 1: Produktion 2021 (vänster) och reserver (höger) av naturlig grafit.

Källa: "Graphite (Natural)", U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2022.

Som framgår saknas Sverige i tabellen. För tillfället är den svenska produktionen försumbar, men det finns två grafitområden av världsklass i norra Sverige både vad gäller kvalitet och kvantitet.

Talga ABs grafitprojektet nära Vittangi har en av de högsta halterna av grafit i världen och det är också den största grafitfyndigheten i Europa enligt den internationella JORC-standard

([https://talgroup.eu-central-1.linodeobjects.com/app/uploads/sites/2/2024/04/12065716/Talga\\_A4\\_Vittangis\\_unika\\_geologi.pdf](https://talgroup.eu-central-1.linodeobjects.com/app/uploads/sites/2/2024/04/12065716/Talga_A4_Vittangis_unika_geologi.pdf)).

<sup>1</sup> "Natural & Synthetic Graphite: Global Industry Markets and Outlook", 8th Edition, Roskill Information Services, 2012.



I Sarvisto i Pajala kommun arbetar företaget Georeality AB med en av de mest intressanta grafitförekomsterna i Europa. Fyndigheten är beräknad till 4,2 miljoner ton med en grafithalt på 21 procent enligt PERC och FN-systemet (<https://e-tidning.bergsmannen.se/p/bergsmannen/2024-09-13/a/georeality-soker-tillstand-for-en-av-europas-mest-intressant-grafitfyndigheter/5961/1532501/55013219>). Utöver detta finns fler uppslag till liknande fyndigheter i Pajalas närområde.

De främsta utbyggnadsprojekten utanför Kina återfinns i Australien, Mozambique, Kanada och Sverige.

Den norrbottniska grafiten har följande karaktäristiska egenskaper:

Hög grafithalt. Grafithalten är mycket hög, drygt 25 %. Fyndigheter med 10–15 % grafithalt anses ofta vara brytvärda, men i vissa fall bryts fyndigheter med så låg grafithalt som 5 %. Högre grafithalt medför lägre kostnader för transport och mindre energiåtgång för malning, anrikning, etc., liksom mindre mängd gråberg

Finkornig mikrostruktur. Grafiten är högkristallin, finkornig och storleksfördelningen mycket jämn. I elektrokemiska tillämpningar som batterier och bränsleceller är en finkornig struktur (under 100 mikrometer) att föredra för att uppnå hög laddhastighet och lång livslängd. Den naturligt finkorniga strukturen gör att det åtgår förhållandevis lite energi för att mala ned grafitkornen till 2–20 mikrometer, som är den industriellt efterfrågade fraktionen för elektrokemiska tillämpningar, samtidigt som den innebär att det blir mindre restprodukter (svinn) och därmed ett högre utbyte jämfört med storflakig grafit

Dessa karaktäristiska egenskaper ger förutsättningar för följande mervärden:

Lågt klimatavtryck. Den förhållandevis låga energiåtgången, kombinerad med tillgång till förnybar el från vatten- och vindkraft, gör att grafiten får ett lågt klimatavtryck. Redan idag efterfrågas grafit med lågt klimatavtryck till batterier och det finns ett EU-förslag på "batteripass", där materialens ursprung och klimatavtryck ska redovisas. Om förslaget går igenom förutses efterfrågan på material med låga klimatavtryck till batterier öka starkt

Låg kostnad. Den höga grafithalten, den förhållandevis låga kostnaden för energi och transporter, samt det höga utbytet, gör grafiten mycket prisvärd och därmed konkurrenskraftig

Förädling av grafiten sker i Sverige där arbetsvillkoren i gruvor och andra delar i värdekedjan är reglerade enligt lag, dvs det råder goda arbetsförhållanden och en social hållbarhet

Sammanfattningsvis kan **den norrbottniska grafitens hållbarhet – miljömässig, ekonomisk och social – komma att utgöra ett viktigt mervärde**. Den omfattande aktiviteten i Europa kring batterier, bränsleceller och elektrolysörer, i kombination med strävan att i möjligaste mån bygga upp europeiska leverantörskedjor, torde därmed skapa avsevärda affärsmöjligheter baserade på norrbottnisk grafit.

Sverige har redan tagit position inom vissa områden i grafitvärdekedjorna och har stor potential inom andra. Vi har gruvfyndigheter och brytning av naturlig grafit på gång, det etableras tillverkning av syntetisk grafit, samt återvinning av grafit och vi har flera industrier i drift eller under uppbyggnad som har stora behov av grafit, bl.a. för battericellstillverkning, men även i elektroderna i de nya ljusbågsugnar som kommer att användas av H2 Green Steels "mini mill" i Boden och SSAB vid deras nya "mini mills" i Luleå och Oxelösund.

Det finns en fördjupning kring balansen på marknaden i bilaga 1.

## 5) En svensk arena för forsknings, utveckling och innovation

### a) Det samlade konceptet



Den vision vi har är att; stötta en fortsatt uppbyggnad av en svensk industriell värdekedja för hållbara, högt förädlade, grafitbaserade produkter, samt bygga upp en för värdekedjan stöttande arena för forskning, utveckling och innovation av grafitbaserade komponenter och produkter. En arena som följer hela värdekedjan och omfattar alla nivåer av teknikmognadsgrad, men med tyngdpunkt på tillämpad UoI.

### b) Svenska industriella värdekedjan för hållbara, högt förädlade, grafitbaserade produkter

Uppbyggnaden av "en" svensk värdekedja är redan påbörjad, men det är nog inte en värdekedja utan snarare flera kopplat till de olika användningsområdena.

Northvolt har byggt en battericellsfabrik i Skellefteå och det är fler på gång i olika delar av landet. Northvolt tänker även återvinna batterier vid en anläggning i Skellefteå. "Putalay" bygger en anläggning för syntetisk grafit i Timrå, med primär användning inom anoder för battericeller. Talga tänker bryta naturlig grafit i Vittangi och tillverka anodmaterial i Luleå. Detta är de mest kända exemplen, men det finns fler inom såväl batterivärdekedjan som inom de andra tillämpningsområdena som är aktiva eller under utveckling.

Etablering av nya företag i värdekedjorna kan dels ske organisk, antingen via att det knoppas av nya företag från de befintliga eller att det skapas nya från forskningsaktörernas resultat alternativt att Startups ser lösningar på utmaningar inom befintliga värdekedjor eller för helt nya grafitbaserade tillämpningar som kan leda till växande företag.

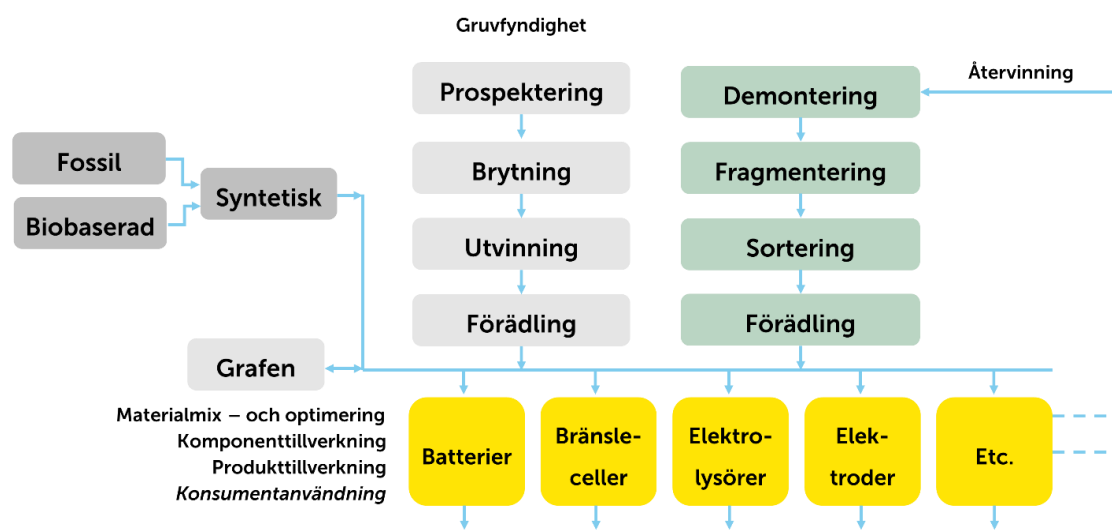
Förutom organisk tillväxt så går det att även skapa attraktionskraft kring etablering av redan existerande företag, om förutsättningarna är de rätta. Att attrahera internationella aktörer till att etablera sig och bli en del av en svensk värdekedja utförs i samverkan med etablerade aktörer som Business Sweden, regionala "inbound investment" organisationer och kommunala näringslivsenheter.

Uppbyggnaden av en svensk arena för forskning och innovation kring grafitbaserade produkter gör att attraktionskraften för etablering i Sverige stärks, oavsett om det handlar om svenska bolag som går in på nya områden eller utländska. Detta för att man som företag kan få stöd i den FoU som behövs och att man kommer in i ett bra nätverk som omfattar såväl industriella kollegor som FoU-aktörer, samt för att det via uppbyggnaden av en arena för forskning och innovation byggs upp långsiktig kompetensförsörjning från främst akademien och forskningsinstituten.

En samverkan mellan arenan och Business Sweden samt de regionala "inbound investment" organisationerna, stärker Sveriges möjligheter att attrahera internationella befintliga aktörer. Business Sweden, Invest In Norrbotten och Torsboda Industrial Park är alla mycket positiva till detta initiativ.

### c) Arenan för forskning, utveckling och innovation av grafitbaserade komponenter och produkter

#### i. FoU-omfattning



Tanken är att arenans FoU skall starta med materialförsörjning till de olika användningsområdena, via de tre primära kanalerna som är tillgängliga; syntetisk, naturlig, och återvunnen grafit. Från att användningsområdena idag är ganska fossilbaserade, så pekar framtiden tydligt mot cirkulära och biobaserade flöden.

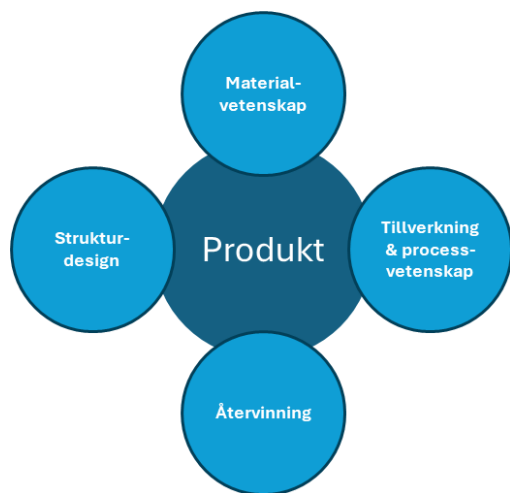
Även grafen kan bli aktuellt, men att tillverka grafen är en form av väldigt specifik processning av grafit från någon av de övriga materialförsörjningsflödena.

Sedan blir fokus på hur man kan mixa och utveckla materialen för att optimera såväl funktionella som fysikaliska egenskaper för komponenterna/produkterna, samt för att underlätta effektiva tillverkningsprocesser och framtida återvinning.

Därefter handlar det om att optimera komponenter som skall in i olika typer av produkter, ex. batteripackar, bränsleceller, etc. alternativt helt grafitbaserade produkter, när det gäller såväl funktion som tillverkningsprocesserna.

Slutligen måste arenans FoU naturligtvis hantera återvinningsprocesserna, så att materialet kan återcirkuleras in i värdekedjan.

## ii. FoI-inriktning



Arenan samordnar och bedriver forskning och utveckling inom fyra fokusområden: **Materialvetenskap, Tillverkning och processvetenskap, Återvinning** samt **Strukturell design**, som illustreras i figuren.

Genom kontinuerlig utveckling av befintliga och nya strategiskt viktiga teknikområden, organiserade inom fyra fokusområden, strävas efter att ytterligare stärka Sveriges unika position inom det europeiska landskapet på grafitområdet.

Ett teknikområde är ett strategiskt viktigt område vilket bygger på befintlig högkvalitativ forskning, strategiskt ledarskap och en potential att stödja nyttjandet av utvecklade teknologier inom industrin.

Inriktning för teknikområden inom respektive fokusområde, samt dess antal, bestäms i samverkan mellan arenans partners i fördjupade dialoger inför uppstart av arenan. En första ansats ser ut enligt följande:

### Materialvetenskap:

- Biobaserade material
- Material- & mineralförädling
  - o Miljövänliga reningsmetoder
- Optimering av materialmix för multifunktionella, biobaserade, fossila och återvunna material, utifrån funktionella och fysikaliska egenskaper

### Tillverkning & processvetenskap:

- Processimulering
- Tillverkningsteknik
- Kvalitetsstyrning och kontroll via aktuell och simulerad processdata
- Automation
- Miljövänliga produktionsmetoder

## Strukturdesign:

- Materialmodellering av multifysikaliska egenskaper (termisk, mekanisk, elektrokemisk)
- Design av multimaterial
- Optimering
- Design för återanvändning, återtillverkning & återvinning

## Återvinning:

- Termisk återvinning (Pyrolysis)
- Kemisk återvinning (Solvolyse)
- Mekanisk återvinning
- Hydrometallurgi
- Elektrokemiska separationsprocesser

Fokus för forskning och utveckling skall ligga inom produktområden med tydlig tillväxtpotential såsom batterier, elektrolysörer, bränsleceller och elektroder, men inga områden skall exkluderas.

FoI-inriktningen skall täcka hela värdekedjan, inkl. återvinning, samt olika teknikmognadsnivåer, även om tyngdpunkten skall vara hög teknikmognadsnivå. Forskningen bedrivs med produkten i centrum, i stark samverkan mellan industri och forskningspartners, med ambitionen att omsätta forskning till nya processer och produkter.

### iii. Fördelar för olika målgrupper

Initiativet handlar primärt om att etablera en svensk samverkansarena, samt att bygga upp kompletterande innovationsmiljöer och testbäddar där det idag finns "vita fläckar".

### **Intressenter inom den industriella värdekedjan**

Varje företag i värdekedjan har sin roll och sina egna verksamhetslogiker och drivkrafter. Skall man långsiktigt vara relevant och intressant som leverantör eller kund inom värdekedjan gäller det att satsa långsiktigt på forskning, utveckling och innovation. De större företagen har resurser att jobba med sin del av värdekedjan, men inte alltid möjlighet att såväl följa som påverka utvecklingen uppströms eller nerströms.

En svensk arena för forskning och innovation gör att det finns en naturlig mötesplats där man träffar FoU-aktörerna, SMF och Startups, men även sina kollegor i branschen.

Företagen får goda möjligheter att:

- omvärldsbevaka vad som sker nationellt och på sikt internationellt
- skapa relation med andra industriella aktörer i värdekedjan
- ta del av resultat från den FoU och innovation som sker nationellt och på sikt internationellt
- påverka den FoU som sker nationellt och på sikt internationellt
- inte själva behöva investera i all nödvändig FoU-infrastruktur, utan istället använda tillgängliga öppna testbäddar
- delta i projektkonsortier för nya projekt

## FoU-aktörerna

FoU aktörer består av både akademi, i form av UoH och institut, samt företag som har en betydande del intern forskning.

På batteriområdet drivs stora delar av den nationella forskningen av Chalmers tekniska högskola (CTH), Uppsala Universitet (UU), Mittuniversitetet (MIUN) och Kungliga tekniska högskolan (KTH), med mindre inslag från de övriga akademiska institutionerna; t.ex. Luleå Tekniska Universitet (LTU) som ledande i de tidiga delarna av värdekedjan d.v.s. inom forskning på mineraler och gruvteknologi. Beroende på det höga teknikinnehållet i batterier har även de flesta kommersiella företag aktiva i batterivärdekedjan en betydande andel intern forskning, utveckling och innovation. Utmärkande här är fordons OEM:er (VCC, AB Volvo och Scania) med tusentals medarbetare aktiva inom området. Även OEM:er utanför fordonsbranschen där batterier är mindre centrala (t.ex. Husqvarna, Electrolux, m.m) har batteriutveckling med hundratalet medarbetare. Motsvarande gäller även materialleverantörer där i princip alla har egna batterilabb (Stora Enzo, Talga, Altris, Enerpoly, m.m.). Värt att notera är att de flesta aktörerna uppvisar kapabilitet som linjerar med deras core business och är beroende av ett nationellt ekosystem som stödjer deras utveckling.

Som aktör inom arenan får FoU-aktörerna stöttning med att:

- Skapa projektkonsortium för nya projekt
- Ta del av de industriella behoven inom området
- Utveckla långsiktig teknikstrategi / forskningsportfölj
- Ta del av och påverka andra aktörers FoU

## SMF och Startups

Som mindre bolag kan det vara väldigt dyrt och svårt att jobba med avancerad innovation. Man kanske inte sitter på all kunskap själv och i vissa fall så krävs en avancerad testbädd för att utveckla produkten eller processerna.

Genom att samverka med innovationsmiljöer och testbäddar kan SMF och Startups få:

- tillgång till expertis och utrustning för materialutveckling, tillverkning, testning och verifiering
- punktinsatser eller längre samarbete där innovationsmiljöer stöttar längs hela utvecklingskedjan
- möjlighet att samarbeta med andra aktörer i grafitvärdekedjan
- stöttning inom området skydd för idéer och IPR

Det som innovationsmiljöer och testbäddar kan hjälpa till med är:

- Idé och rådgivning  
Att kvalitetssäkra idéer. Vilket problem eller behov skall lösas? Vilka egenskaper och funktioner ska produkten ha? Vilka utmaningar och risker kan man stöta på i utvecklingsprocessen? Vilka konkurrensfördelar kan en grafitlösning ge?

- Materialval och design  
I de tätt sammansvetsade stegen i utvecklingskedjan kan man få hjälp med att göra material- och designval anpassat till förutsättningar och kravspecifikation. Man kan också få hjälp med att hitta nya användningsområden för befintligt material och process.
- Processutveckling  
Man kan få hjälp med att förutsäga komponentens mekaniska egenskaper innan den går i produktion. Även möjligheten till virtuell tillverkning erbjuds, vilket minimerar behovet av fullskaleprov med en sänkt kostnad/ lägre risk som följd.
- Provning och verifiering  
Verifiering och provning av material- och komponentegenskaper, olika tillverkningsmetoder med tillhörande verktyg och verktygsfunktioner. När man redan i ett tidigt skede intrimmar en process, minimeras kostsamma ändringar längre fram.
- Validering mot kund och etablering av ny verksamhet  
I detta steg kan man få stöd av innovationssystemet, som gör resan enklare och hjälper målgruppen över dödens dal

Samverkansplattformarna gör det lättare att hitta såväl företag som FoU-aktörer att samverka med.

#### iv. Samhandling

Att såväl etablera en svensk värdekedja som en samverkansarena för forskning, utveckling och innovation, kräver samverkan på en nivå som vi inte tidigare sett och sannolikt i form av samhandling, vilket inte är utan komplexitet.

Vinnovas definition för samhandling lyder ungefär som följer:

Samhandling mellan intressenter i en innovationsmiljö kännetecknas av

- fria aktörer med egna resurser,
- som representerar olika verksamhetslogiker och drivkrafter,
- uppbundna i strukturer som möjliggör vissa handlingsalternativ och omöjliggör andra,
- i ett sammanhang där ingen enskild aktör har den formella möjligheten att bestämma över de andra.

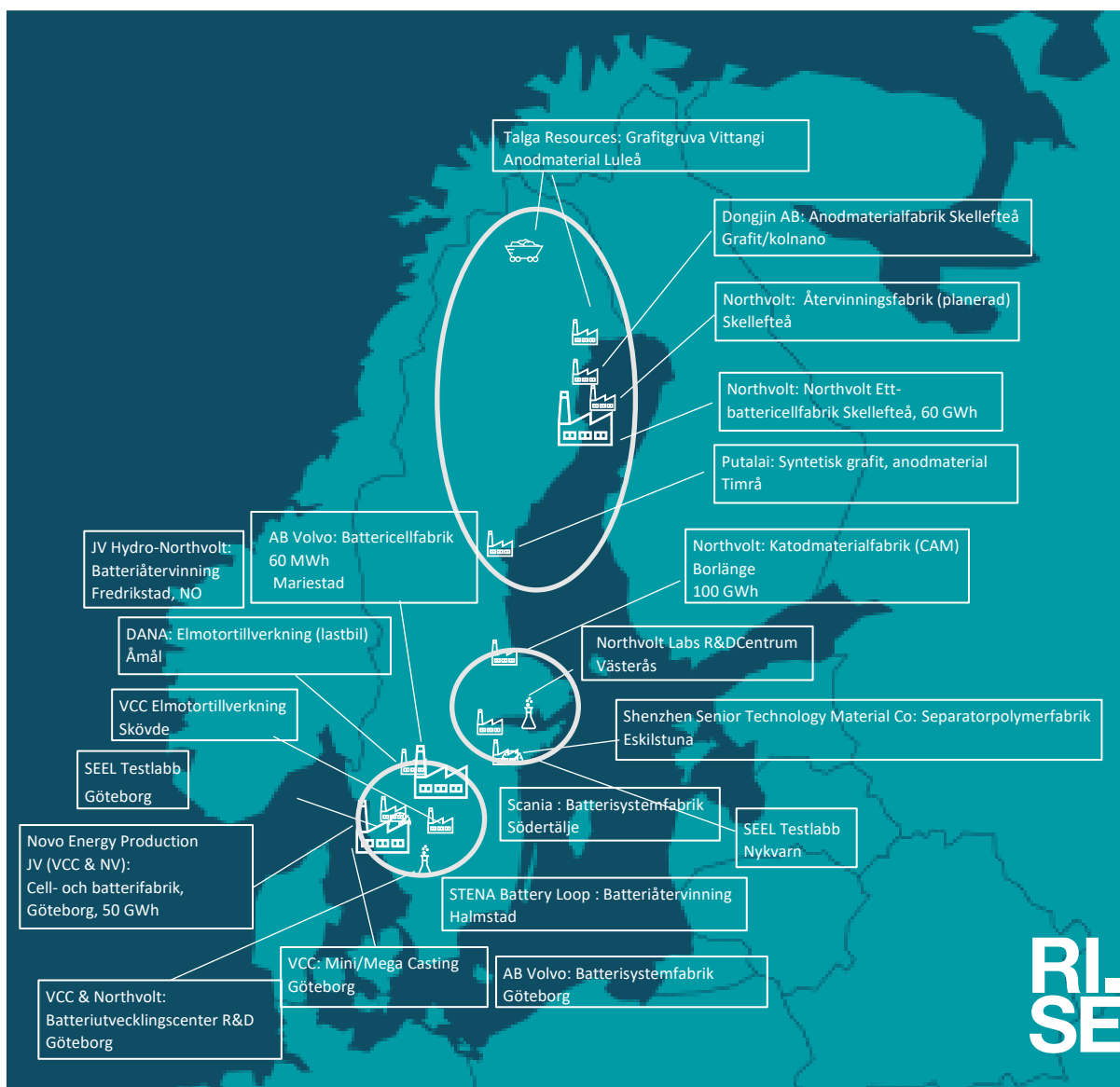
Trots de utmaningar som det innebär, ska intressenterna stödja en samverkan som driver innovation och hållbar tillväxt.

Vi inser att det blir väldigt utmanande att få till en arena som bygger på samhandling, men om såväl de som faciliterar arenan som de som deltar i arenan är medvetna om komplexiteten, anser vi att det finns goda förutsättningar att lyckas.

#### v. Avtal

Då detta initiativ handlar om att driva utveckling och innovation framåt, så kommer aktiviteter inom arenan att regleras med avtal som reglerar IP-rättigheter och formerna för samverkan. Här finns det bra avtal framtagna från exempelvis tidigare medlemsprogram inom RISE och vi avser att återvinna dessa även för detta initiativ.

## d) Befintliga aktörer



Figur 1 Kartan representerar bara batterivärdekedjan

### i. Företag

Vi har via omvärldsbevakning och kontakter lyckats identifiera ett antal företag i Sverige som redan på olika sätt är aktiva i en värdekedja för grafit. Det är fört en dialog med många kring denna satsning, men vi har inte nått fram till rätt personer hos alla.

- Northvolt – Fullskalig produktion av battericeller
- Talga Resources – Gruva - pilot för anrikning och rening, tillståndprocess för brytning. Tillverkning av anodmaterial – pilot och fullskalig produktion planerad
- Shanghai Putalai – Fullskalig produktion av anodmaterial planerad
- AB Volvo - Elektrifiering
- Volvo AB/Cellcentric – bränsleceller
- Scania



- Powercell
- Permascand
- Alfa Laval
- H2 Green Steel
- SSAB
- SSAC
- Hymeth ApS
- Stora Enzo – Pilotlina för biobaserad ”hårt kol”

Vi har identifierat många aktörer, men gör inget anspråk på att ha hittat alla.

#### ii. FoU-aktörerna - Kompetens inom olika FoU-ämnen i Sverige

I Sverige saknas en större samlad ansats mot tillämpad FoU på kanske främst strukturell design men även delvist inom material, process/produktion, design och återvinning för de snabbväxande tillämpningarna batterier, bränsleceller och elektrolysörer.

#### **Materialvetenskap**

Den samlade omfattningen av forskning vid svenska lärosäten om innovationskritiska metaller och mineral, alltså inte enbart grafit, är relativt begränsad i en värdekedja som innefattar huvudsakligen prospektering och utvinning av juvenilt material, utvinning ur gruvors restprodukter, samt miljöaspekter av detta. Denna forsknings omfattning motsvarar inte den gröna omställningens behov. Flera svenska lärosäten bedriver förvisso forskning om innovationskritiska metaller och mineral, men i de flesta fall är det fråga om små och från varandra isolerade forskargrupper som fokuserar på varsin del av värdekedjan för framtagandet av ett specifikt material. LTU framhålls som ett undantag med omkring 25 seniora forskare som bedriver forskning längs hela materialvärdekedjan.

Den FoU som bedrivs av forskningsinstitutet RISE och Swerim handlar främst om utvinning och återvinning från avfall, livscykelanalys och spårbarhet, samt viss materialrelaterad FoU för batterier och bränsleceller. Kort sammanfattning av några aktörers FoU-verksamhet:

LTU:

- Prospektering, malmkaraktärisering, brytning, utvinning, återvinning och miljöpåverkan.

Swerim:

- Karaktäriseringsmetoder för grafitpartiklar, återvinning av batterimaterial och miljöteknik vid återvinning.

RISE:

- Fokus på tillämpning av grafit. Materialrelaterad FoU och provningsverksamhet för batterier, teknik för tillverkning av bipolära plattor. Karbonisering och grafitisering av biobaserade kolatomer.

MiUN:

- Battericeller, grafen

## Strukturell design

RISE är idag ledande i Sverige på FoU kopplat till strukturell design, utifrån de uppgifter som framkommit inom studien och har experimentell verksamhet inom området kopplat till bipolära plattor.

## Tillverkning och processvetenskap

CTH:

- CTH har under några års tid försökt etablera ett nationellt excellenscentrum inom batteriproduktion: MAXBATT

RISE:

- RISE är idag ledande i Sverige på FoU inom tillverkningsprocesser för batterier och bipolära plattor. Detta till trots så är FoU volymen som hänförs till tillverkningsprocesser obefintlig jämfört med satsningarna som görs på materialforskning.

MiUN:

- Battericeller - Al-jonbatterier
- Funktionalisera grafen för att få en bättre materialblandning och hur flytbarheten av pulvret kan förbättras för att fungera i Wematters AM maskiner
- Kiselgrafen-komposit elektrod för litiumjonbatterier
- Superkondensatorer med en komposit av cellulosa och grafit som elektrodmaterial, där grafiten är det aktiva materialet som kan lagra energi

## Återvinning

CTH:

- Chalmers är idag ledande på området batteriåtervinning i Sverige. CTH forskare har bl.a. medverkat i etableringen av ReVolt

RISE:

- RISE har sedan flera år tillbaka etablerat flera testbäddar inom återvinning. För närvarande undersöker man möjlighet till etablering inom batteriområdet. Finns även verksamhet inom policy och regelverk kring material- och återvinningsflöden samt LCA.

### e) Befintliga relevanta testbäddar

Hos olika FoU-aktörer finns det redan idag ett antal öppna testbäddar som kan vara relevanta för utveckling och innovation av material, produkter och processer kopplade till grafit. I dessa så kan det bedrivas projekt i samverkan med såväl stora företag som SMF/Startups. Erbjudandet i testbäddarna är kopplat såväl mot FoU (flytta state of the art – skapa ny kunskap) som Innovationsresor (nyttja state of the art till att ta fram innovationer).

Testbäddarna är spridda över landet, men kompletterar varandra väl och stöttar olika delar i värdekedjan. Via FoU-arenan så ökar kunskapen om vilka testbäddar som finns och hur de kan nyttjas av alla intressenter.

I bilaga 2 redovisas några testbäddar som vi identifierat som kan ha en tydlig koppling till grafit.

## 6) Genomförande för att bygga upp samverkansarenan

### a) Samverkansplattformar

Då initiativet handlar om uppbyggnad av en svensk arena för forsknings- och innovation så är en primär aktivitet att skapa kontakter/nätverk och samverka mellan olika målgrupper, vilket kräver en satsning på att skapa olika samverkansplattformar.

Syftet med samverkansplattformarna skiljer sig åt, så vårt förslag är att det skall bli tre olika.

#### i. Hela FoU-arenan

Den första samverkansplattformen handlar om att hålla ihop helheten – industrin, FoU aktörer och innovationssystemet.

Flera användningsområden för grafit är under kraftig utveckling såväl i Europa som i Sverige, men om Sverige skall hinna med och ta en tätposition måste det ske en snabb och kontinuerlig stöttning av uppbyggnad och utveckling av såväl värdekedjan, som arenan för forskning och innovation.

För att stötta detta måste vi initialt sätta upp en samverkansplattform där alla målgrupper kan träffas, vilket i sin tur leder till utvecklingsprojekt och innovationsresor.

Plattformen bör genomföra två till tre fysiska event per år, som handlar om utvecklingen av värdekedjan och behov av FoU och innovation. Dessa event skall arrangeras på olika ställen i Sverige – norr, mellan, syd. Här skall det handla mycket om Varför vi behöver FoU och innovation och Vad som behöver göras, samt återkoppling på vad som redan är gjort av FoU aktörer och innovationssystemet. Det blir sannolikt olika tema på respektive event, alternativt att varje event har en kombination av delar som sker i plenum kombinerat med parallella spår, för att täcka hela värdekedjan och olika användningsområden av grafit.

Stående inslag på varje event skall vara:

- Att industrin i generella termer talar om vart det måste ske utveckling i hela värdekedjan och varför.
- Möjlighet för företag, såväl industrin som SMF/Startups, att ha montrar där man beskriver sin roll i värdekedjan och kopplingen specifikt till grafit
- Att FoU aktörer kan presentera FoU-resultat (Ej "papers", utan mer anpassat mot industrin)
- Matchmaking mellan alla målgrupper; Industriföretag – Startups/SMF – FoU aktörer – Innovationsstödjande organisationer

Effektmålet med denna samverkansplattform är att: det etableras ny samverkan, det utvecklas områden för strategiska satsningar, det skapas embryon till nya projekt, ny teknik, material, processer och metoder tillgängliggörs, det skapas attraktion till etableringar inom en svensk värdekedja.

Denna samverkansplattform är även ett lämpligt ställe för FoI-finansiärerna att träffa såväl industrin som FoU aktörer och innovationssystemet, för att diskutera riktade satsningar inom området.

Samverkansplattformen skall vara industridriven, ur ett värdekedjeperspektiv, och därför ledas av en industriell styrgrupp. Det finns ett antal motsvarande plattformar inom andra värdekedjor som vi kan lära av när det gäller genomförande och styrning.

För att driva samverkansplattformen krävs, åtminstone i uppstartsfasen, en finansierad facilitator. RISE och Piteå Science Park avser att initialt ta den rollen gemensamt.

## ii. FoU värdekedjan

Den andra samverkansplattformen handlar om att koordinera och komplettera en idag något fragmenterad FoU i Sverige, så att den täcker hela värdekedjan och flera TRL-nivåer.

Primära målgruppen är FoU-aktörerna, men även innovationssystemet. Här handlar det mycket om att sätta upp färdplaner för FoU, dvs. Hur skall vi driva utvecklingen gemensamt framåt och Vem är bäst lämpad att driva vilka delar, vilka innovationsmiljöer och testbäddar finns och vart behöver vi komplettera eller bygga upp nya.

Även här handlar det om 2 till 3 fysiska event per år, på olika ställen i Sverige, som primärt handlar om synkning mellan olika FoU-projekt. Det blir sannolikt olika tema på respektive event, alternativt att varje event har en kombination av delar som sker i plenum kombinerat med parallella spår, för att täcka hela värdekedjan och olika användningsområden för grafit.

Stående inslag på varje event skall vara:

- Presentation av FoU-resultat
  - vilka resultat har vi kommit fram till
  - vad önskas för utveckling inom andra områden uppströms för att kunna nå bättre resultat
  - Finns det resultat som bör slussas ut till företag ?
- Matchmaking mellan forskargrupper
  - Initiera nya projekt
- Matchmaking mellan forskargrupper och Startups/SMF
  - Initiera nya projekt eller innovationsresor

Effektmålet med denna samverkansplattform är att: det etableras ny samverkan, det utvecklas områden för strategiska satsningar, det skapas embryon till nya projekt eller innovationsresor, ny teknik, material, processer och metoder utvecklas, det utvecklas/etableras forsknings- och innovationsmiljöer, samt testbäddar.

Alla forskare och forskningsprojekt vid svenska forskningsinstitut och universitet, samt relevanta Startups/SMF och innovationsfrämjande organisationer kan ansluta och ta del av samverkansplattformens aktiviteter.

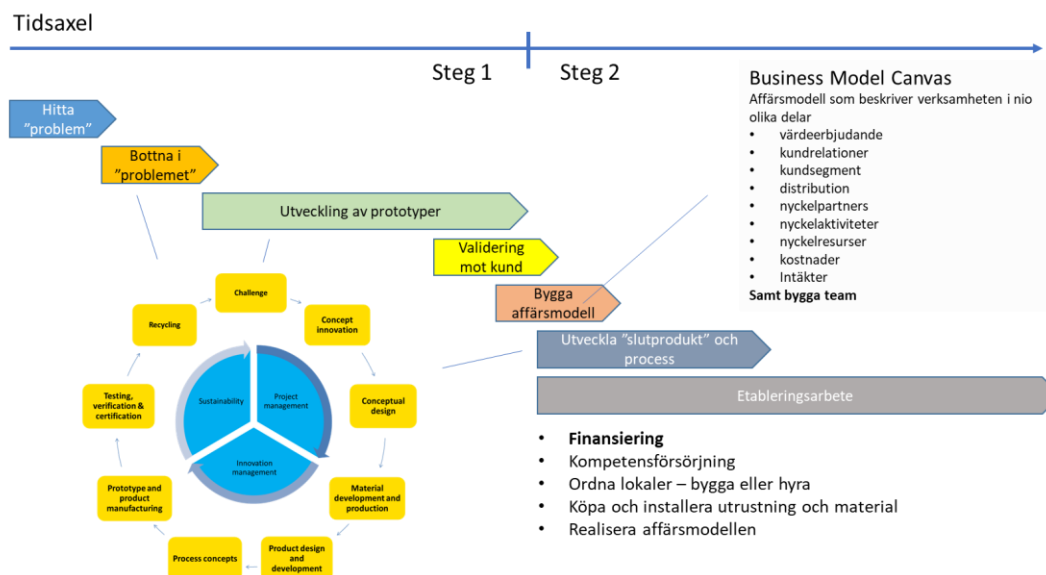
Samverkansplattformen skall vara driven av primärt FoU-aktörerna, ur ett värdekedjeperspektiv, och därför ledas av en styrgrupp från de olika FoU-aktörerna. För att behålla den tydliga kopplingen mot industriella värdekedjan och att det primärt skall vara tillämplig FoU, skall det finnas en referensgrupp från industrin. Det finns ett antal motsvarande plattformar inom andra "värdekedjor" som vi kan lära av när det gäller genomförande och styrning.

För att driva samverkansplattformen krävs, åtminstone i uppstartsfasen, en finansierad facilitator. RISE avser att initialt ta den rollen, i samverkan med Ltu.

Att medverka i samverkansplattformen för FoU-aktörerna bör kunna finansieras av respektive aktörs projektfinansiering eller grundfinansiering.

iii. Innovationsresor – SMF och Startups

## Innovationsresan



Den tredje samverkansplattform som vi anser är helt nödvändig handlar om att innovationsmiljöer/testbäddar och innovationssystemet samverkar för att stötta de olika steg inom innovationsresor som utförs av SMF/Startups.

Ofta kan det handla om samverkan mellan ett forskningsinstitut som sitter på kompetens och en testbädd, ett regionalt industriellt kluster av företag, samt innovationsfrämjande organisationer såsom science parks och inkubatorer.

Denna samverkansplattform handlar om att kontinuerligt erbjuda:

- stöd för att lyfta produkter/processer/tjänster från FoU till att bli innovationer kopplat mot värdekedjan – via Startups eller befintliga företag
- stöd för SMF/Startups att utveckla produkter/processer/tjänster utifrån utmaningar i värdekedjan
- Stödet sker i olika steg enligt illustrationen ovan och stöttas av olika aktörer
  - steg 1 via innovationsmiljöer/testbäddar

- steg 2 via innovationssystemet, där science parks har en faciliterande roll, i kombination med en inkubator/accelerator som kompletterar med funktioner

Här är det inte frågan om årliga event, utan snarare om att etablera noder på flera ställen nationellt via; innovationsmiljöer, testbäddar, science parks, inkubatorer, samt via regional och nationell samverkan med industrin. En nationell samverkan mellan dessa noder kan koordineras via SISP.

Effekt målet med denna samverkansplattform är att: det etableras ny samverkan med nya sektorer, branscher och aktörer, det utvecklas/etableras test – och demonstrationsmiljöer, det utvecklas/tillgängliggörs acceleratorprogram och inkubatorprocesser, det etableras innovations- och verifieringsprocesser, det skalas upp metoder, processer och arbetssätt, samt att det tillgängliggörs finansieringslösningar till företag.

Vi har genomfört dialog med ett flertal innovationsmiljöer, science parks, inkubatorer, etc. runt om i Sverige som skulle kunna skapa motsvarande regionala samverkansplattformar för att stötta Startups/SMF i deras innovationsresor.

## b) Uppbyggnad av kompletterande kompetens och testbäddar

- i. Kompetens inom olika FoU-ämnen i Sverige

### **Batterier**

*Batteriråvaror och återvinning.* En av de främsta utmaningarna och främsta drivkraften för framtida FoU-satsningar för batterivärdekedjan är behovet att minska beroendet av import av råvaror och på så sätt främja Sveriges försörjningsresiliens. Här finns det flera forskningsområden som är nödvändiga för hållbara materialflöden och återvinning av batterier, samt att anpassa befintliga återvinningsprocesser till de framväxande batteriteknologierna. Ett särskilt fokus ges också åt vikten av digitalisering (t ex digitala tvillingar) för att optimera återvinningsteknikerna.

*Celldesign och tillverkning.* När marknaden för batterier växer, blir innovativ celldesign och produktion avgörande, inte bara ur ett kostnadsperspektiv utan också för att förverkliga miljömässigt vänliga, högpresterande och långlivade batterier. Ett viktigt forskningsområde är därför cell- och batteridesign i relation till hållbarhet, som tar hänsyn till de åtgärder som krävs för att göra cellens andra liv och återvinning optimerad, oavsett cellkemi. Som svar på flera faktorer, inklusive skyldigheterna att minska koldioxidavtrycket och de högre energipriserna, tittar många aktörer närmare på att förbättra hållbarhet av celler och batterier även i själva tillverkningsprocessen.

Flexibilitet av framtida batterifabriker är en annan viktig aspekt, dvs. hur man underlättar att skala upp ” teknik i tidigt stadium” till storskalig produktion, samt anpassning till de föränderliga leveranskedjorna. Ett annat angeläget område är hur man kan utveckla flexibla produktionsteknologier som är kompatibla med framtida tekniska lösningar och produktionsmetoder. Här är process- och produktionsuppskalning och industrialisering av batteriteknik central för framtida relevansen.

## Bränsleceller & Elektrolysörer

I Sverige finns idag ingen producent av bipolära plattor i grafit, dock några start-ups som utvecklar nya koncept inom området. Ett exempel på detta är SSAC som tillsammans med RISE i Piteå sedan 2019 utvecklat en mer kostnadseffektiv lösning, där man genom pressning i ett steg både formar en plan platta samt flödeskanaler och hål i samma operation. Denna process- och produktionsmetod liknar i mångt och mycket de processer som används inom kompositindustrin. Den kompetens som redan utvecklats i Sverige gällande pressning av kompositprodukter i hög volym ger en bra grund att stå på för att fortsätta utveckla grafitbaserade produkter kopplat till bränsleceller och elektrolysörer. Befintlig kompetens behöver dock förflytta sin kompetens från fiberförstärkta kompositer till pulverliknande material, vilket kräver ny kunskap.

### Elektroder

Detta är ett nytt potentiellt område där det idag inte finns någon industri i Sverige och därmed ett lågt intresse kopplat till FoU. Om det sker en etablering av elektrodproduktion i Sverige så kommer naturligtvis intresset för att söka FoU-samverkan att öka. Dialog kring etablering pågår.

Dagens elektroder är idag i princip 100% fossilbaserade, så ur ett hållbarhetsperspektiv så finns det ett intresse hos elektrodanvändarna, exempelvis H2 Green Steel och SSAB, att göra dem mer biobaserade.

#### ii. Testbäddar

### Batterier

Idag saknas det testbäddar längst med hela batterivärdekedjan, undantagen produktprovning där RISE har etablerat SEEL och Säkerhetslabb för provning av celler, moduler, pack och kompletta fordon. Särskild besvärande i dagsläget är bristen på pilotlinor för batteritillverkning och återvinning. Ur ett råvaruperspektiv så saknas det även öppen uppskalningsinfrastruktur för syntes av aktiva och andra avancerade batterimaterial.

Vi noterar:

- i våra industriella dialoger att aktörer längst med hela värdekedjan efterfrågar riskdelning mellan offentliga, akademiska och kommersiella partners. Till exempel så har författarna identifierat ett nationellt behov som kopplar till anrikning och återvinning, liknande Talgas pilotanläggning, där investeringsbehovet uppgår till några hundra MSEK.
- Att för batteriområdet krävs det också investeringar i pilotlinor där en färsk EM-finansierad utredning pekar på behov av en så kallad B-sample pilotlina (produktionskapacitet av ca. 250 MWh/år) som kompletteras av en A-sample pilotlina (produktionskapacitet av ca. ~1 MWh/år) samt ett antal mindre Pre-A-sample linor (produktionskapacitet av ca. 50 kWh/år). En uppskattad kostnad för en B-sample pilotlina är några GSEK, för en A-sample pilotlina några hundra MSEK samt ett 10-tal MSEK för de mindre Pre-A-sample pilotlinor.

## **Bränsleceller/Elektrolysörer**

Grafitbaserade bipolära plattor produceras idag i huvudsak genom pressning av plana plattor, där sedan flödeskanaler och hål bearbetas bort genom fräsning i ett efterföljande steg. Denna produktionsmetod blir relativt kostsam pga. långa cykeltider för fräsoperationen.

För genomförande och etablering av ett starkt forskningsområde krävs det för området bipolära plattor investeringar i delar av en tänkt produktionslina såsom materialmixer, förformning, verktygsteknik, automationsutrustning och kvalitetskontroll.

## **Elektroder**

Här finns det inga dedikerade testbäddar alls.

### iii. Kompetensförsörjning

ALBATTS var ett EU projekt som koordinerades av Skellefteå kommun och som fokuserade på hur den europeiska arbetskraften kommer att påverkas av den förändring som övergången till elektromobilitet medför. Man konstaterade att det kommer att finnas ett behov av nya utbildnings- och omskolningsprogram som är anpassade till de nya kompetensbehoven hos industrin.

Projektet visar att i takt med att den europeiska värdekedjan för batterier utvecklas kommer organisationer från efterfråge- och utbudssidan av färdigheter/kompetens att upprätta en plan för beredskap för framtida kompetens i hela Europa. Yrkesutbildningsanordnare och universitet rekommenderas att arbeta i samordning med efterfrågesidan för att identifiera och utveckla den relevanta kompetens som krävs för att de ska kunna utveckla den nya industrin. I Sverige har regeringen redan gett i uppdrag till Uppsala, Lund och CTH att samarbeta kring framtagning av läroplaner och utbildningsutbudet.

ALBATTS gällde specifikt för batterier, men motsvarande behov kommer att finnas inom alla områden.

Universiteten och forskningsinstituten kommer också att ha en viktig roll gällande utbildning av forskarstuderande, vilket också bör vara en del av arenans verksamhetsområde.

### c) Utvecklingsprojekt kopplat till arenan – finansiering

Dedikerade program/finansiering mot området är nödvändigt för att bygga tillräcklig nationell forskningsvolym. Studien har också identifierat ett behov av en kortsiktig förstärkning av applikationsområdet, där vi förslår en 5 års period med uppstart/uppbyggnad av applikationsnära forskning och utveckling. Satsningen föreslås ligga på en volym om ca 10 MSEK per år vilket skulle medföra att befintliga forskningsresultat i tidigare delar av värdekedjan kan omhändertas och vidareutvecklas till produkter som tillverkas i Sverige.



## d) Budget och finansiering

### i. Samverkansplattformar

#### Hela Fol-arenan

En 1-årig budget för uppstart av denna samverkansplattform skulle kunna se ut på följande sätt.

Kostnadstyp	Procentsats	Part				
Procent för indirekta kostnader Partner 1:	15%	PSP				
Procent för indirekta kostnader Partner 2:	25%	RISE				
Procent för lönebikostnader Partner 1:	47%	PSP				
Procent för lönebikostnader Partner 2:	48%	RISE				
<b>Kostnader</b>						
<u>Personal</u>						
Kostnad	PSP	RISE	Totalt	Ungefärlig lön	Per år	%
Plattformssamordnare partner 1 - 20%	144 000		144 000	60 000	720 000	20%
Plattformssamordnare partner 2 - 20%		144 000	144 000	60 000	720 000	20%
Kommunikatör partner 1 - 10%	48 000		48 000	40 000	480 000	10%
Projektadministratör partner 1 - 5%	21 000		21 000	35 000	420 000	5%
<b>Summa</b>	<b>213 000</b>	<b>144 000</b>	<b>357 000</b>			
<u>Externa tjänster</u>						
Kostnad			Totalt			
Konsulttjänster - graiskt materi etc.			100 000			
Anordna möten inom plattformen			150 000			
<b>Summa</b>			<b>250 000</b>			
<u>Resor och logi</u>						
Kostnad			Totalt			
Resor till seminarier, workshops, konferenser			30 000			
Övriga resor till samverkanspartners, finansierare, intressenter, etc			30 000			
<b>Summa</b>			<b>60 000</b>			
<u>Schablonkostnader</u>						
Kostnad	Partner 1	Partner 2	Totalt			
Lönebikostnader	100 025	69 638	169 663			
Indirekta kostnader	46 954	53 410	100 363			
<b>Summa schablonkostnader</b>	<b>146 979</b>	<b>123 048</b>	<b>270 027</b>			
<b>Summa kostnader</b>			<b>937 027</b>			

#### Medfinansiering

Vi anser att det under en uppbyggnadsperiod behövs 100% officiell finansiering för denna samverkansplattform, med målsättningen att en fortsättning efter 3 år skall finansieras till del av industrin, när industrin ser att de efterfrågade effektmålen levereras.

De finansierare som vi ser är:

- Vinnova
- Energimyndigheten

- Formas
- Tillväxtverket – nationella ERUF-medel
- Riktat stöd från regeringen för uppstart av ett nytt svenskt styrkeområde

## FoU-aktörerna

Förslagsvis leder RISE denna plattform tillsammans med LTU, för att på så sätt täcka stora delar av värdekedjan inom forskning.

En 1-årig budget för uppstart av denna samverkansplattform, skulle kunna se ut på följande sätt.

Kostnadstyp	Procentsats	Part				
Procent för indirekta kostnader Partner 1:	25%	RISE				
Procent för indirekta kostnader Partner 2:	25%	LTU				
Procent för lönebikostnader Partner 1:	48%	RISE				
Procent för lönebikostnader Partner 2:	48%	LTU				
<b>Kostnader</b>						
<u>Personal</u>						
<b>Kostnad</b>	<b>RISE</b>	<b>LTU</b>	<b>Totalt</b>	<b>Ungefärlig lön</b>	<b>Per år</b>	<b>%</b>
Plattformssamordnare partner 1 - 25%	180 000		180 000	60 000	720 000	25%
Plattformssamordnare partner 2 - 15%		144 000	144 000	60 000	720 000	15%
Kommunikatör - 10%	48 000		48 000	40 000	480 000	10%
Projektadministratör - 5%	21 000		21 000	35 000	420 000	5%
<b>Summa</b>	<b>249 000</b>	<b>144 000</b>	<b>393 000</b>			
<u>Externa tjänster</u>						
<b>Kostnad</b>			<b>Totalt</b>			
Konsulttjänster - grafiskt material etc.			100 000			
Anordna möten inom plattformen			150 000			
<b>Summa</b>			<b>250 000</b>			
<u>Resor och logi</u>						
<b>Kostnad</b>			<b>Totalt</b>			
Resor till seminarier, workshops, konferenser			40 000			
Övriga resor till samverkanspartners, finansierare, intressenter, etc			60 000			
<b>Summa</b>			<b>100 000</b>			
<u>Schablonkostnader</u>						
<b>Kostnad</b>	<b>Partner 1</b>	<b>Partner 2</b>	<b>Totalt</b>			
Lönebikostnader	119 520	69 638	189 158			
Indirekta kostnader	92 130	53 410	145 540			
<b>Summa schablonkostnader</b>	<b>211 650</b>	<b>123 048</b>	<b>334 698</b>			
<b>Summa kostnader</b>			<b>1 077 698</b>			

## Medfinansiering

Vi anser att det under en uppbyggnadsperiod behövs 100% officiell finansiering för denna samverkansplattform, med målsättningen att en fortsättning efter 3 år söka delfinansiering av industrin, när industrin ser att de efterfrågade effektmålen levereras.

De finansiärer som vi ser är:

- Vinnova
- Energimyndigheten
- Formas
- Tillväxtverket – nationella ERUF-medel
- Riktat stöd från regeringen för uppstart av ett nytt svenskt styrkeområde

### Innovationsresor – SMF och Startups

En 1-årig budget för uppstart av denna samverkansplattform, per nod, skulle kunna se ut på följande sätt. Om det samordnas med redan aktiva motsvarande plattformar så kan kostnaden sannolikt minska. Det blir upp till varje nod att sätta ihop en budget och söka stöd regionalt och nationellt.

Kostnadstyp	Procentsats	Part				
Procent för indirekta kostnader Partner 1:	15%	PSP				
Procent för indirekta kostnader Partner 2:	25%	RISE				
Procent för lönebikostnader Partner 1:	47%	PSP				
Procent för lönebikostnader Partner 2:	48%	RISE				
<b>Kostnader</b>						
<u>Personal</u>						
<b>Kostnad</b>	<b>PSP</b>	<b>RISE</b>	<b>Totalt</b>	<b>Ungefärlig lön</b>	<b>Per år</b>	<b>%</b>
Projektledare - 20%	144 000		144 000	60 000	720 000	20%
Innovationsledare - 40%	288 000		144 000	60 000	720 000	40%
Ansvarig testbädden - 30%		216 000		60 000	720 000	30%
Kommunikatör - 10%	48 000		48 000	40 000	480 000	10%
Projektadministratör - 5%	21 000		21 000	35 000	420 000	5%
<b>Summa</b>	<b>501 000</b>	<b>216 000</b>	<b>357 000</b>			
<u>Externa tjänster</u>						
<b>Kostnad</b>			<b>Totalt</b>			
Konsulttjänster - graiskt material etc.			100 000			
Konsulttjänster - innovationsresor			150 000			
Delta på - seminarie, konferenser, etc.			40 000			
<b>Summa</b>			<b>290 000</b>			
<u>Resor och logi</u>						
<b>Kostnad</b>			<b>Totalt</b>			
Resor till seminarier, workshops, konferenser			50 000			
Övriga resor till samverkanspartners, finansiärer, intressenter, etc			30 000			
<b>Summa</b>			<b>80 000</b>			
<u>Schablonkostnader</u>						
<b>Kostnad</b>	<b>Partner 1</b>	<b>Partner 2</b>	<b>Totalt</b>			
Lönebikostnader	235 270	104 458	339 727			
Indirekta kostnader	110 440	80 114	190 555			
<b>Summa schablonkostnader</b>	<b>345 710</b>	<b>184 572</b>	<b>530 282</b>			
<b>Summa kostnader</b>			<b>1 257 282</b>			

## Medfinansiering

Vi anser att det under en uppbyggnadsperiod behövs 100% officiell finansiering för denna samverkansplattform, med målsättningen att en fortsättning efter 3 år skall finansieras till del av industrin, när industrin ser att de efterfrågade effektmålen levereras.

De regionala och nationella finansiärer som vi ser är:

- Tillväxtverket – ERUF-medel
- Regioner – mål 1 medel
- Kommuner
- Fonder och stiftelser
- Andra typer av regionala finansiärer
- Vinnova
- Energimyndigheten

### ii. Uppbyggnad av kompetens och testbäddar

Respektive FoU-aktör kommer över tid att återkomma med nödvändigheten att erhålla finansiering för uppbyggnad av såväl kompetens och testbäddar, som skall vara stödjande i de utvecklingsprojekt som kommer att genereras av samverkansplattformen.

## Bilaga 1 - Grafit och grafitvärdekedjor

### a) Vad är grafit, hur används det och var finns primärproduktionen

Grafit är ett mineral som helt består av grundämnet kol.

Kolatomerna bildar plana skikt med kristaller av hexagonstruktur (se figur).

Inom lagren sitter atomerna fast hårt, men mellan lagren mindre hårt. Det behövs alltså ingen större yttre påverkan för att lagren ska lossna från varandra. Detta gör att när man drar ett stycke grafit mot något, så lämnar det ett gråsvart streck efter sig.

Grafit har många användbara egenskaper, bland annat är den mjuk, lätt, flexibel och har en hög smältpunkt på 3 390 grader Celsius. Dessutom har grafiten hög termisk resistivitet (förmåga att motstå värmeöverföring), smörjförmåga och hög värme- och elledningsförmåga.

Den används till stor del som eldfast material och smörjmedel inom industrier och är viktig vid tillverkning av stål i form av elektroder. På grund av dess låga vikt och smörjförmåga används grafit mycket inom bilindustrin i bland annat bromsbelägg, avgassystem och motorer. Andra användningsområden är som anoder i batterier och i blyertspennor.

Grafit förekommer naturligt men kan också framställas på syntetisk väg.

#### i. Naturlig grafit

Naturlig grafit bildas genom geologiska processer över lång tid. Den vanligaste formen av naturlig grafit är skiffergrafit, som bildas genom metamorfos av organiskt material under högt tryck och temperatur.

#### ii. Syntetisk grafit (fossilbaserad och biobaserad)

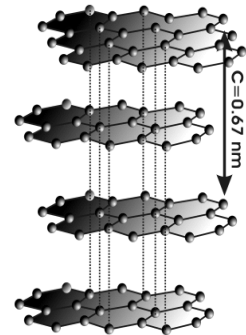
Syntetisk grafit tillverkas genom att utsätta kolhaltiga material för höga temperaturer och tryck i en process som kallas grafitisering. Detta kan göras genom att värma kolhaltiga material som stenkolkstjära, beck, petroleumkoks, kol, eller organiska polymerer under kontrollerade förhållanden.

Det pågår även utveckling av syntetisk grafit från biobaserade råvaror. Stora Enso har en pilotanläggning i Finland som tillverkar "hårt kol" från lignin, vilket bland annat utvärderas av Northvolt som anodmaterial.

#### iii. De stora skillnaderna mellan syntetisk och naturlig grafit

##### **Kristallstruktur och renhet:**

Naturlig grafit: Naturlig grafit har en varierande kristallstruktur och renhet beroende på dess geologiska ursprung. Den kan innehålla olika föroreningar och har vanligtvis en mer oregelbunden struktur.



## Bilaga 1

Syntetisk grafit: Syntetisk grafit har vanligtvis en mer enhetlig kristallstruktur och högre renhet jämfört med naturlig grafit. Det är oftast mer homogent och har mindre variation i dess egenskaper.

### **Egenskaper och användningsområden:**

Naturlig grafit: Naturlig grafit används ofta för tillverkning av smörjmedel, kolborstar, elektroder i batterier och som ett smältmedel i gjutning. Den används också som ett ledande material i olika applikationer.

Syntetisk grafit: Syntetisk grafit används ofta i tillverkningen av elektroder för högttemperaturapplikationer, som kärnkraftsreaktorer och metallurgiska ugnar. Den används också i bränsleceller, flygplansbromsar, och i tillverkningen av kolfiberförstärkta kompositer.

Sammanfattningsvis är de viktigaste skillnaderna mellan naturlig och syntetisk grafit deras ursprung, kristallstruktur, renhet och användningsområden. Naturlig grafit bildas genom geologiska processer och har en varierande kristallstruktur och renhet, medan syntetisk grafit tillverkas i laboratorier eller industriella processer och har vanligtvis en mer enhetlig struktur och högre renhet.

#### iv. Grafen

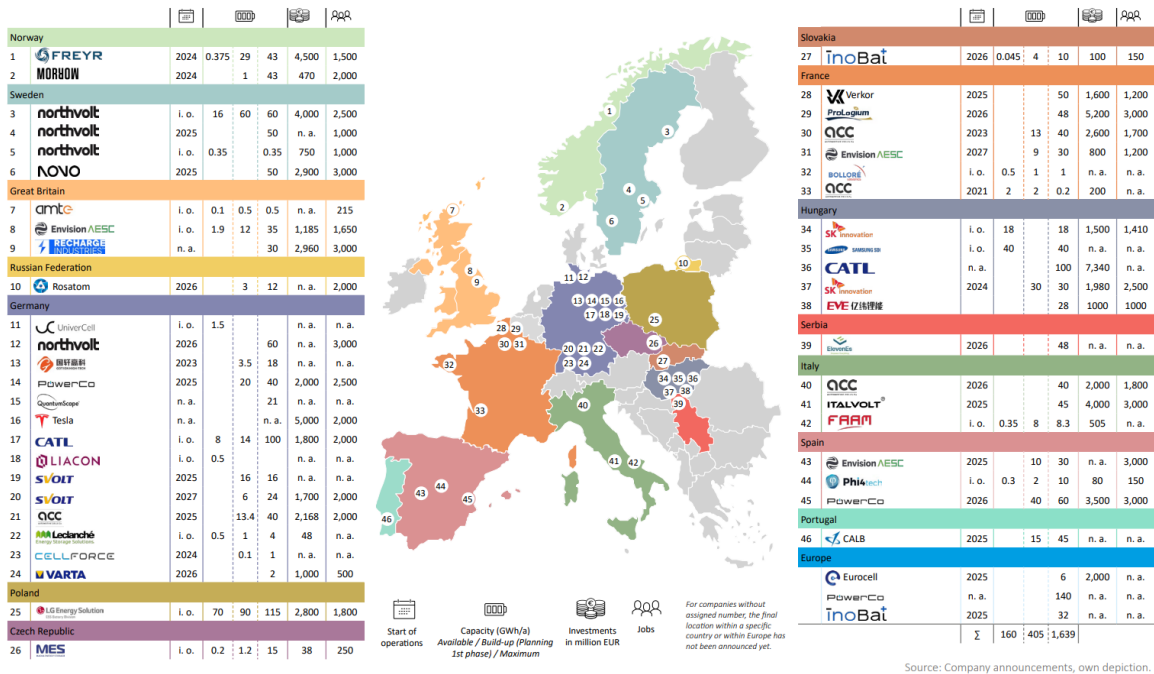
Grafen är en allotrop av grundämnet kol, som till stora delar har samma egenskaper och uppbyggnad som grafit. Till skillnad från grafit utgörs grafen av en ytterst tunn skiva, endast ett atomlager tjockt. Grafen är mycket starkt och har extremt god elektrisk ledningsförmåga.

Utgångsmaterialet för grafen är grafit. Det finns ett flertal metoder för att tillverka grafen och flera svenska företag är aktiva inom området.

b) Användningsområden och marknad

i. Batterier

Figure 1: Sites of battery cell production in Europe that are either in planning, under construction, or already in operation.



Figur 2 Planerade anläggningar för tillverkning av battericeller

Den största ökningen av efterfrågan på grafit, 14,1 % per år, förväntas skapas av fordonsindustrins efterfrågan på batterier med grafitanoder. Redan idag är marknaden stor och tillväxten hög.

Prognoserna av tillväxttakten för efterfrågan på naturlig grafit varierar mellan olika marknadsrapporter, men samtliga förutspår kraftiga ökning. En rapport bedömer att efterfrågan på naturlig grafit kommer att öka från 300 kton/år 2021 till 3 000 kton/år 2030, vilket motsvarar en ökning med knappt 30 % per år.

Batteritillverkare blandar syntetisk och naturlig grafit för att optimera batteriegenskaper som livslängd och laddningshastighet, liksom för att anpassa sig till den regionala tillgången på grafit. Blandningsförhållandena och andra ingående material i anoder är batteritillverkarens starkt sekretessbelagda affärshemligheter. Att andelen naturlig grafit förväntas öka beror delvis på att naturlig grafit har bättre förutsättningar att uppfylla bilindustrins skärpta miljökrav än energikrävande, fossilbaserad syntetisk grafit.

Även internationella organisationer, som Internationella energirådet (International Energy Agency, IEA) och EU-kommissionen, prognostiserar snabbt ökande efterfrågan på grafit. Den ökade efterfrågan domineras av batterier till fordon och för stationär energilagring.

## Bilaga 1

Sedan 1932 har gruvan Skaland i Norge varit en leverantör av produkter av flaggrafit till den globala marknaden. 2019 köpte Mineral Commodities Ltd (MRC) bolaget Skaland Graphite AS. MRC investerar kraftigt i en koldioxidsnål, miljövänlig nedströmsprocess vid Skaland för att bli den allra första europeiska producenten av hållbart naturligt anodmaterial.

### ii. Bränsleceller

En bränslecell är en elektrokemisk enhet som omvandlar kemisk energi från ett bränsle, till exempel vätgas, direkt till elektricitet och värme. Bränsleceller fungerar genom att låta bränslet reagera med syre, vilket skapar elektroner och laddade joner som sedan genererar elektricitet.

Bränsleceller kan utgöra en betydande framtida tillämpning av grafit för användning i både fordon och stationära anläggningar. Grafit används i bränsleceller av typen PEM (Polymer Electrolyte Membrane) med bipolära plattor som till 70–80 % består av grafit.

IEAs och EU-kommissionens rapporter prognostiserar snabbt ökande efterfrågan på bränsleceller. Kommissionens rapporter framhåller att grafit är ett av de viktigaste materialen i bränsleceller, men särredovisar inte hur efterfrågan på grafit uppskattas eller utvecklas för just denna tillämpning. För fordonstillämpningar är bränsleceller inte en lika mogen teknik som batterier, vilket innebär att efterfrågan på grafit till bränsleceller ännu inte är så stor. IEAs och EU-kommissionens rapporter bedömer dock att efterfrågan på grafit till bränsleceller kan komma att bli mycket stor, men att den ligger betydligt längre fram i tid än efterfrågan på grafit till batterianoder. EU-kommissionen förutspår att en exponentiell efterfrågeökning tar fart omkring år 2030 (S. Carrara et al., op. Cit.).

En marknadsanalys prognosticerar att bränslecellsmarknaden kommer att öka med 14 % per år fram till år 2026 (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/fuel-cell-market-industry>). En annan marknadsanalys prognosticerar att efterfrågan på bipolära plattor, och därmed på grafit, kommer att öka i ungefär samma takt och att den 2026 kommer att betinga ett värde av 500–600 miljoner USD (<https://www.marketresearch.com/QYResearch-Group-v3531/Global-Bipolar-Plates-Research-13998144/>).

### iii. Elektrolysörer

Elektrolysörer, som används för att framställa vätgas ur vatten, är en annan möjlig tillämpning för grafit.

I elektrolysen används elektrisk energi för att driva en icke-spontan kemisk reaktion. I fallet med vätgasproduktion sker detta genom att vatten ( $2\text{H}_2\text{O}$ ) delas upp i väte ( $2\text{H}_2$ ) och syre ( $\text{O}_2$ ) genom att passera en elektrisk ström genom en elektrolytlösning.

Idag används kol i form av kimirök som bärare för de platinapartiklar som är elektrolysörens katalysator. Att ersätta en del av kimiröken med grafit bedöms sannolikt kunna förbättra katalysatorns livslängd. Ytterligare en möjlig tillämpning kan vara bipolära plattor i PEM-elektrolysörer.



## Bilaga 1

Den installerade effekten för elektrolysörer var i genomsnitt omkring 100 MW/år (globalt) under hela 2000-talet, men marknaden har formligen exploderat de senaste åren. Under 2022 installerades elektrolysörer med en sammanlagd effekt om cirka 1 800 MW, varav 1 300 MW i Asien och drygt 250 MW vardera i Amerika (Nord-, Mellan- och Syd-) och EMEA (Europa, Mellanöstern och Afrika). Bakom denna ökning ligger stora globala satsningar på att minska klimatavtrycket för industriprocesser och transporter. Elektrolysörers effektivitet har ökat och kostnaden både för elektrolysörer och förnybar el (främst från vindkraft) har minskat, vilket har bidragit till denna tillväxt.

Även denna marknad förutspås en fortsatt stark tillväxt, bland annat för att stora mängder vätgas behövs för att ersätta kol och koks i tillverkning av ”grönt” stål. Några närliggande exempel på planerade installationer av elektrolyskapacitet är H2 Green Steel i Boden som planerar att installera 800 MW och LKAB som ska installera 600 MW i Malmfälten.

Många stora industriföretag har gett sig in på elektrolyörmarknaden, bland andra Siemens som erbjuder PEM-elektrolysörer. Norska NEL erbjuder elektrolysörer och tankstationer för vätgas och har nyligen kraftigt byggt ut sin tillverkningskapacitet till mellan 500 och 1 000 MW/år, vilket säger något om den förväntade efterfrågan.

### iv. Flödesbatterier

Flödesbatterier består i princip av celler och cisterner, där cellerna innehåller bipolära plattor av grafit. I cisternerna lagras energin i form av vätskor. Vätska rinner från en cistern via celler som liknar bränsleceller tillbaka till cisternen, men i en annan kammare. Via cellen tar man ut energi eller lagrar in energi. Konstruktionen blir i de flesta fall brandsäker, eftersom celler och cisterner är separerade och vätskorna ofta är vattenbaserade.

Flödesbatterier är lämpliga för storskalig energilagring och har lång livslängd (10 000-20 000 laddcykler). De används i huvudsak som energilagring i sol- och vindkraftparker och förutspås ersätta en del andra, främst stationära, användningsområden som idag domineras av litiumjon-batterier. Tillväxten för flödesbatterier har ökat de senaste åren i takt med att sol- och vindkraftparker byggts. Den årliga tillväxten bedöms bli ca 23% mellan år 2023 och 2032. Marknadens storlek år 2022 var 300 miljoner USD och prognostiseras bli 2 400 miljoner USD år 2032, dvs en tiofaldig ökning på 9 år.

### v. Elektroder

En ljusbågsugn (engelska: electric arc furnace), är en typ av elektrisk ugn, som används för att smälta metall i smältverk. Den verksamma mekanismen är elektrisk energi som omsätts till värme i en ljusbåge mellan elektroder. Ljusbågsugnar används framför allt för att smälta skrot för ståltillverkning.

SSAB planerar att ersätta sina fem masugnar för järnmalm i Luleå, Oxelösund och Brahestad, de enda masugnarna i Sverige och Finland, med ljusbågsugnar för järnsvamp. Även H2 Green Steel kommer att använda samma teknik på sitt stålverk i Boden.

## Bilaga 1

Den moderna tillverkningen av syntetiska grafitelektroder går till så att främst petroleumkoks, kolstybb och beck i de rätta proportionerna blandas och formas med värme. Resultatet är en plastliknande massa som kapas i längder och som till sist kyls ned i ett temperaturkontrollerat bad. Nästa steg är bakning. De färska elektrodena körs in i speciella ugnar där de bakas i 800-gradig värme under cirka 1-2 veckor beroende på elektrodstorleken. Det tar såpass lång tid att få beck omvandlat till kol. Efter bakning impregneras elektrodena med specialbeck för att ge dem bättre täthet, mekanisk styrka och den elektriska ledningsförmåga som de behöver för att kunna arbeta under svåra förhållanden i slutkundens ljusbågsugnar. Nästa steg är ombakning. I detta steg uppnår elektrodena nästan 750 grader, för att få impregneringsbecket omvandlat till kol och för att ev. flyktig impregnering ska försvinna. De ombakade elektrodena grafiteras i nästa steg. Här ligger elektrodena på rad och glöder, i nästan 3 000 grader. I detta stadium övergår materialet till konstgjord grafit. Efteråt kyls de ned innan de går till maskinbearbetning. Maskinbearbetningen ger elektrodena sin slutliga form. Man mäter även det elektriska motståndet i elektrodena. Elektrodena förses även ibland med skarvniplor i grafit innan de är klara för transport.

Det finns drivkrafter för att göra dessa mer hållbara, med exempelvis biobaserade komponenter och grön el vid produktionen.

## Bilaga 1

### vi. Produktion och reserver av naturlig grafit

Merparten av den syntetiska grafiten producerades i Kina, USA, Indien och Brasilien (vilket innebär att energin som används för produktionen i praktiken oftast är genererad från kol eller petroleumprodukter).<sup>2</sup> Även naturlig grafit producerades till största delen i Kina, men även i Brasilien, Moçambique och Madagaskar. Till 2021 hade produktionen av naturlig grafit ökat med omkring 15 %, se Tabell 1. Tabellen visar också att de kända fyndigheterna av naturlig grafit är förhållandevis stora.

Land	Produktion (kton)	Andel (%)	Land	Reserver (kton)	Andel (%)
Kina	820	79%	Turkiet	90 000	28%
Brasilien	68	7%	Kina	73 000	22%
Moçambique	30	3%	Brasilien	70 000	22%
Ryssland	27	3%	Madagaskar	26 000	8%
Madagaskar	22	2%	Moçambique	25 000	8%
Ukraina	17	2%	Tanzania	18 000	6%
Norge	13	1%	Indien	8 000	2%
Nordkorea	8,7	1%	Uzbekistan	7 600	2%
Kanada	8,6	1%	Mexiko	3 100	1%
Indien	6,5	1%	Nordkorea	2 000	1%
Vietnam	5,4	1%	Sri Lanka	1 500	0%
Sri Lanka	4,3	0%	Norge	600	0%
Mexiko	3,5	0%	Kanada	Uppgift saknas	
Turkiet	2,7	0%	Ryssland	Uppgift saknas	
Österrike	0,5	0%	Tyskland	Uppgift saknas	
Tyskland	0,3	0%	Ukraina	Uppgift saknas	
Tanzania	0,15	0%	Vietnam	Uppgift saknas	
Uzbekistan	0,11	0%	Österrike	Uppgift saknas	
<b>Summa</b>	<b>1 038</b>	<b>100%</b>	<b>Summa</b>	<b>324 800</b>	<b>100%</b>

Tabell 2: Produktion 2021 (vänster) och reserver (höger) av naturlig grafit.

Källa: "Graphite (Natural)", U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2022.

Som framgår saknas Sverige i tabellen. För tillfället är den svenska produktionen försumbar, men det finns två grafitområden av världsklass i norra Sverige både vad gäller kvalitet och kvantitet.

Talga ABs grafitprojektet nära Vittangi har en av de högsta halterna av grafit i världen och det är också den största grafitfyndigheten i Europa enligt den internationella JORC-standarden

([https://talgagroup.eu-central-1.linodeobjects.com/app/uploads/sites/2/2024/04/12065716/Talga\\_A4\\_Vittangis\\_unika\\_geologi.pdf](https://talgagroup.eu-central-1.linodeobjects.com/app/uploads/sites/2/2024/04/12065716/Talga_A4_Vittangis_unika_geologi.pdf)).

<sup>2</sup> "Natural & Synthetic Graphite: Global Industry Markets and Outlook", 8th Edition, Roskill Information Services, 2012.



## Bilaga 1

Den årliga tillväxten för syntetisk och naturlig grafit prognostiseras framgent bli 8,5 %, vilket skulle innebära en fördubbling av produktionen från 2021 till omkring 5 800 kton 2030.

### d) Marknadspåverkan

Det finns tydliga drivkrafter i både USA och EU för att få bättre kontroll på leverantörskedjorna för batterier och andra tillämpningar där grafit är ett kritiskt material.

USA:s Inflation Reduction Act (IRA), som trädde i kraft 2022-08-16, syftar bland annat till att minska USAs koldioxidutsläpp med hjälp av; omfattande skattelättnader, bidrag och lånegarantier till i första hand utbyggnad av förnybar elektricitet och överföring, följt av skattelättnader för elfordon. Mer specifikt handlar lagen om att gynna investeringar i inhemsk tillverkningskapacitet, att säkra tillgång till kritiska mineral på hemmaplan eller från frihandelspartners, och att stimulera FoU och kommersialisering av nyckelteknologier. Lagen listar 50 kritiska mineraler, inklusive grafit. Det ska emellertid noteras att USA och EU inte har något frihandelsavtal (inte heller något enskilt europeiskt land). IRA har redan fått europeiska företag som Northvolt att överväga att göra kommande investeringar i produktionsanläggningar i USA i stället för – som tidigare planerat – i Europa.

Europeiska kommissionens svar på IRA kom 2023-03-16, med lagförslagen Net Zero Industry Act och Critical Raw Materials Act. Net Zero Industry Act syftar bland annat till att på olika sätt gynna investeringar i produktionsanläggningar i EU. Critical Raw Materials Act ska:

- Stärka Europas leverantörskedjor för kritiska råmaterial
- Diversifiera EUs import av kritiska råmaterial
- Följa upp och förebygga risker avseende tillgång till kritiska råmaterial
- Säkerställa fri rörlighet för kritiska råmaterial inom EU och samtidigt säkerställa skydd av miljön genom fokus på cirkularitet och hållbarhet

Kommissionen definierar 34 kritiska råmaterial och 16 av dessa som strategiska råmaterial, där naturlig grafit finns med i båda kategorierna. De strategiska råmaterialen behövs för att realisera såväl den gröna som den digitala omställningen, liksom för försvars- och flygtekniska ändamål, och för dessa råmaterial finns en risk att efterfrågan kan komma att bli större än tillgången. Syftet med lagförslaget är alltså att minska EUs beroende av leverantörer utanför EU (främst Kina) längs värdekedjan för strategiska råmaterial, inklusive utvinning, bearbetning och återvinning. Målen för 2030 är att 10 % av EUs konsumtion av strategiska råmaterial ska utvinnas inom EU, att 15 % av unionens konsumtion av varje strategiskt råmaterial ska komma från återvinning, att förädlingen av 40 % av varje strategiskt råmaterial som konsumeras inom unionen ska ske inom densamma, samt att som mest 65 % av något strategiskt råmaterial ska komma från ett och samma icke-EU-land.

EU-kommissionens båda lagförslag förstärker behovet av att medverka till uppbyggnad av en svensk industriell värdekedja för högt förädlade, grafitbaserade produkter samt att bygga upp en arena för kompetensutveckling inom grafitbaserade användningsområden i stark tillväxt.

### e) Dagens svenska värdekedja

#### *Primärproduktion/Förädling/Komponenter/Slutprodukter/Återanvändning&Återvinning*

##### i. Primärproduktion – naturlig och syntetisk

I Sverige är produktionen av naturlig grafit försumbar just nu, men det finns stora fyndigheter i Norrbotten och i Hälsingland. Grafitfyndigheten i Norrbotten exploateras just nu av Talga, som ska bryta grafiten i Vittangi och vidareförädla den främst till anodmaterial för litiumjon-batterier i Luleå.

Det sker även en större etablering för tillverkning av syntetisk grafit i Timrå. Torsboda Industrial Park har skrivit avtal med Jiangxi Zichen Technology Co. Ltd Putailai (PTL). Anläggningen i Torsboda kommer att ha en årlig anodkapacitet på 50 000 ton, vilket blir den största i Europa för tillverkning av anodmaterial. PTL kommer med satsningen i Torsboda att bli en av de viktigaste leverantörerna till den svenska batteritillverkaren Northvolt.

Stora Enso har tagit fram produkten Lignode® by Stora Enso, som är ett hårt kol tillverkat av lignin – en befintlig biprodukt vid produktionen av cellulosafiber. Ligninet förädlas till ett fint kolpulver som fungerar som aktivt material för den negativa anoden i litiumjonbatteriet. Detta är fortfarande på pilotnivå där man testar materialets egenskaper hos kund. Första anläggningen finns vid Stora Ensos bruk i Sunila i Finland, men om det fungerar så kan även deras svenska bruk bli intressanta.

Det finns flera som knackar på dörren, men det är inte offentlig information.

##### ii. Anodmaterial för batterier

Grafiten i batterierna är ofta syntetisk men att inkludera naturlig grafit blir vanligare. Ett litiumjonbatteri har därför en grafitmix i anoden, ett brandfarligt organiskt lösningsmedel i elektrolyten och är uppladdningsbart.

I november 2020 signerade LKAB ett Letter of Intent tillsammans med australiensiska Talga Resources och japanska handels- och investeringsbolaget Matsui för gemensam utveckling av Talga Resources projekt med målsättning att tillverka batterianodmaterial i Luleå med grafit från Vittangi. Talga Resources utför nu en genomförbarhetsstudie av projektet och har samtidigt ansökt om tillstånd för en grafitutvinning i Vittangi. Talga Resources utvecklar så kallade smarta innovationsmaterial genom en egenutvecklad teknologi för anrikning av grafitmalm till grafit- och grafenmaterial. Talga Resources har även rättigheter till koboltfyndigheter i Sverige.

Kanadensiska Leading Edge Materials ämnar återuppta verksamhet vid gruvan i Woxna, nära Edsbyn, som har legat nere sedan 2001. Företaget hoppas kunna leverera grafit till Europas battericelltillverkare. Leading Edge Materials äger ytterligare två gruvor i Sverige: litiumgruvan i Bergby samt en gruva för sällsynta jordartsmetaller i Norra Kärr utanför Gränna.

## Bilaga 1

PTL etablerar en toppmodern anodfabrik värd 13 miljarder SEK vid Torsboda Industrial Park utanför Timrå. Fabriken kommer att leverera anodmaterial till den svenska batteritillverkaren Northvolt och på så sätt skapa cirka 1 900 arbetstillfällen och bidra till utvecklingen i regionen. Anodfabriken, som börjar produktionen 2026, kommer att vara ett av världens mest avancerade och råmaterial kommer till 100 procent från EU-området. De kommer att tillverka artificiell grafitanod, hårdkol för Na-jonbatterier och kiselanod, med en årlig kapacitet på 50 000 ton i den första fasen och ytterligare 50 000 ton i fas två. För att säkerställa högsta kvalitet kommer de att ha integrerad materialforskning och utveckling samt fullautomatisk logistik.

Svenska Northvolt grundades 2016 av Peter Carlsson, tidigare VP Supply Chain för Tesla Motors i Palo Alto i USA. Genom vertikal integration arbetar Northvolt för att ha flera delar av batterivärdekedjan integrerad i bolaget. Målet är att kontrollera bolagets utsläpp och skapa celler med 60-70 % lägre koldioxidutsläpp än motsvarande batterier på marknaden idag. Ytterligare ett mål för Northvolt fram till 2030 är att minst 50 % av råmaterialet erhålls från återvunna batterier. Katoden planeras att tillverkas inom egen produktion, medan anoden är tänkt att tillverkas tillsammans med Dongjin Sweden AB. Produktionsanläggningen Northvolt Ett i Skellefteå ska fungera som bolagets primära anläggning för tillverkning av aktiva material, cellmontering och återvinning.

Dongjin Sweden AB, dotterbolag till Dongjin Semichem Co Ltd i Korea, har skrivit avtal med Northvolt att leverera Carbon Nanotube Slurry som används till aktiva material i litiumjonbatterier och behövs i batteritillverkningen. Dongjin Sweden byggt och driftsatt en fabrik i anslutning till Northvolt Ett i Skellefteå.

Uppsalabaserade Graphmatech arbetar med grafen och har utvecklat separatorer som förhindrar att materialets tvådimensionella grafenflingor gyttrar ihop sig. Separatorerna ska kunna bibehålla materialets egenskaper även vid storskalig produktion. Grafen kan användas som additiv till andra material för att exempelvis utöka de elektriska, termiska och mekaniska egenskaperna. Graphmatech använder sig av grafit från den svenska Woxnagruvan.

Bright Day Graphene tillverkar också grafen för batterier men använder restprodukter från skogsindustrin, så kallat grönt grafen. De anser att ett av de primära användningsområdena för materialet är batteritillverkning.

### iii. Bränsleceller

I Sverige finns idag en etablerad värdekedja för bränsleceller, där allt från materialleverantörer till slutanvändare inom exempelvis fordonsindustrin och flyget återfinns. Nationella underleverantörer för bipolära plattor har dock idag inte en kommersiell lösning ute på marknaden för grafitbaserade plattor, dvs de förlitar sig på metalliska material. Ett bra exempel på en kommande värdekedja inom grafitområdet är sammansatt inom ett pågående samverkansprojekt med syfte att etablera och verifiera en helt cirkulär värdekedja för att utveckla förnybara bipolära plattor av grafit. Dessa tillverkas med en resurs- och kostnadseffektiv process vilken följs av en utvärdering i en bränslecellsstack. Projektet kommer att designa och tillverka en av de första bränslecellsstackarna i Sverige för utvärdering av nya komponenter i grafit, i synnerhet förnybara. Bränslecellsstacken kommer att finnas på RISE och vara öppen för olika aktörer. Ett lyckat resultat kommer därför att ge ett ökat värde i svensk och europeisk biobaserad sektor och bidra till ett mer hållbart samhälle. Konsortiet består av 10 parter och innehåller en forskningsorganisation (RISE) samt 9 högteknologiska företag varav två svenska SMF:er och 7 svenska och internationella större bolag. Industriintresset visar på projektets relevans i Europa samt potentialen att skala upp tekniken på EU-nivå. Olika behovsägare finns i olika delar av den cirkulära värdekedjan, från hållbara råmaterial till förnybara kompositmaterial och resulterande bipolära plattor, till system för bränslecellsstackar och end-of-life. Svenska företagspartners inkluderar Envigas som siktar på att bli Sveriges största producent av biokol vilka kommer att vidareutveckla och tillhandahålla biokol, och har stort intresse av att använda de resulterande bränslecellerna; SSAC fokuserar på att möjliggöra kostnadseffektiv och skalbar tillverkning av avancerade kompositdelar och har en ambition att bli en leverantör av anpassade bipolära plattor i grafit och i framtiden även förnybara material; Talga som arbetar med världens högsta kvalitet på grafitillgångar med hjälp av grön gruv- och raffineringsteknik för hållbara batterier, kommer att utveckla grön och högkvalitativ naturlig grafit särskilt från sidoströmmar; Trelleborg världsledande inom polymerslösningar som tätar, dämpar och skyddar kritiska applikationer i krävande miljö, kommer att tillverka tätningar för bipolära plattor; Lidhs har stor expertis inom design & simulering, verktygstillverkning och service, kommer att tillverka verktyg för pressformning av bipolära plattor i grafit; Percy Roc som har en patentansökan för kontrollerad mikrovågsuppvärmning att användas i olika industrier, kommer att utveckla mikrovågspyrolys och kontrollera dess potential för återvinning av bipolära plattor i grafit; Volvo Technology är ett globalt företag engagerat i att forma framtidens landskap för hållbara transport- och infrastrukturlösningar. Andra intressanta bolag är exempelvis Z-trusion, ett företaget baserat på västkusten som har utvecklat en teknologi för att producera komplexa 3D-strukturerade komponenter via extrudering som appliceras mot bipolära plattor.



### iv. Elektrolysörer

Den globala marknaden för elektrolysörer har börjat växa kraftigt de senaste åren. Den installerade effekten för elektrolysörer var i genomsnitt omkring 100 MW/år (globalt) under hela 2000-talet, men marknaden har förmodligen exploderat de senaste åren. Under 2022 installerades elektrolysörer med en sammanlagd effekt om cirka 1 800 MW, varav 1 300 MW i Asien och drygt 250 MW vardera i Amerika (Nord-, Mellan- och Syd-) och EMEA (Europa, Mellanöstern och Afrika). Bakom denna ökning ligger stora globala satsningar på att minska klimatavtrycket för processer och transporter. Elektrolysörers effektivitet har ökat och kostnaden både för elektrolysörer och förnybar el (främst från vindkraft) har minskat, vilket har bidragit till denna tillväxt.

Några närliggande exempel på planerade installationer av elektrolyskapacitet är H2 Green Steel i Boden som planerar att installera 800 MW och LKAB som ska installera 600 MW i Malmfälten.

Många stora industriföretag har gett sig in på elektrolysmarknaden, bland andra Siemens som erbjuder PEM-elektrolysörer. Norska NEL erbjuder elektrolysörer och tankstationer för vätgas och har nyligen kraftigt byggt ut sin tillverkningskapacitet till mellan 500 och 1 000 MW/år, vilket säger något om den förväntade efterfrågan. Andra stora aktörer i Europa är ThyssenKrupp nicera (Tyskland) och John Cockerill (Belgien).

Det finns även svenska aktörer som arbetar med elektrolysörer. Förutom konsulter och systemintegratörer finns även tillverkare av elektrolysörer och komponenter till dessa.

Några exempel på detta är:

HYMETH – ett nystartat företag som tillverkar alkaliska elektrolysörer under varumärket *HYAEON™*

Cell Impact – tillverkar bipolära plattor i stål

Impact Coating – ytbehandling av komponenter till elektrolysörer genom användning av PVD (Physical Vapor Deposition)

SMOLTEK - Göteborgsbaserat företag som utvecklat ett cellmaterial som effektiviserar PEM-elektrolysörer genom att använda kolnanorör för att minska åtgången av Iridium

### v. Elektroder

Idag finns ingen produktion av elektroder i Sverige, men det pågår dialog om en potentiell etablering.

SSAB producerar ca 6 400 000 ton stål per och H2 green steel planerar för 5 000 000 ton per år. Med en förbrukning av 1,8 kg elektroder per ton stål så blir deras gemensamma förbrukning 20 500 ton elektroder årligen.

I Europa så ser ståltillverkningen ut på följande sätt:

# Map of EU steel production sites

- Blast Furnace & Basic Oxygen Furnace
- Blast Furnace only
- Basic Oxygen Furnace only
- Electric Arc Furnace



Blast Furnace & Basic Oxygen Furnace				Electric Arc Furnace					
Location	Hot Metal Capacity (1000 tonnes/year)	Finalized Steel Capacity (1000 tonnes/year)	No. of furnaces	Location	Capacity (1000 tonnes/year)	No. of furnaces	Location	Capacity (1000 tonnes/year)	No. of furnaces
AUSTRIA				AUSTRIA			GREECE		
DONAVITZ (Leoben)	1370	1570	2	LEONARDO	365	1	ALAMYROS-MAGNISIA	1200	1
LINZ	2340	6000	3	WITTENBERG	180	1	AGIONTPANAGIOS	400	1
BELGIUM				MITTTELBOIS	300	1	ELEUSIS	800	1
GHEENT	4430	5000	2	BRUSSELS	300	1	THESSALONIKI	600	1
CZECH REPUBLIC				CHARLEBOIS	850	1	VELESTRO	450	1
OTAVA	1300	1300	1	CHARLEBOIS (Marchienne-au-Pont)	150	1	ODD	400	1
TRINEC	2100	2400	2	CHATELET (Charleville)	1000	1	ITALY		
FILAND	2400	2600	2	GENE	1300	2	ADDA	260	1
FRANCE				SOLEIL	1000	2	BOLZANO	360	2
BOUYERVILLE	6000	6750	3	SOLEIL	1000	2	BORGIO VALSUGANA, TN	800	1
SAINT-ETIENNE	1180	5100	2	SPLIT	185	1	BRESCIA, BS	100	1
GERMANY				OTAVIA	120	1	CAMIN, PADOVA	600	1
BRANEN	3960	3300	2	PLZEN	150	2	CAORNOVA, VA	700	1
DILLINGEN	4790	2790	2	FILAND	150	2	CATANIA, SICILIA	500	1
DUISBURG	11800	11500	4	ITALIA	360	1	CIVATE ALPIANO, BS	250	1
EISENHUTTENSTADT	2340	2400	2	TORINO	1300	2	CREMONA	350	2
SALZGITTER	4800	5200	3	FRANCE			DALMARE, BG	700	1
SLOVAKIA				BOUYERVILLE (Bouay)	1200	1	LESEGNANO, CN	600	1
VOJKOVIC	3240	BOF only		BONNIERES-SUR-SEINE	550	1	LONATO, BS	1100	1
HUNGARY				CHATELAINVILLE	100	1	LONATO, BS	600	1
DONAVITZ	1310	1650	2	GHEENT	850	1	LOVERE, BG	150	1
ITALY				MAISONNEUVE	480	1	OSOLO, BS	900	1
BARBIANO	9590	11500	4	MAGDONVILLE	700	1	OSOPPE, UD	1200	1
NETIVILLASIO	6110	7500	2	MAGDONVILLE	480	1	OPITALLETTO, BS	150	1
MONTECASSALE				SAINT-ETIENNE	90	1	SANT'ANDREA VALPUGNOLA, BS	100	1
ROMANA	4500	5000	2	LE CRUSLOT	150	1	SE	85	1
ROMANA	1310	2600	1	MONTERRAJO	720	1	SARREZO, BS	540	2
GALATI	2520	3200	2	NEVES MAGLOSIS	800	1	TERNA	1450	1
SLOVAKIA				ST SAULVE	730	1	URONE	500	1
KOSICE	2850	4500	2	TRETTIN-ST LEGER	800	1	UGINE	770	1
SPAIN				UGINE	250	2	VALLEE D. OPPEANO, VR	450	1
AVILES	4200	BOF only		GERMANY			VERONA, VR	1150	2
GIJON	4420	1200	2	BRANDENBURG	1800	2	VICENZA	170	1
UK				PREITAL	90	1	VICENZA, VI	1200	1
SCOTLAND	2200	2200	1	GEORGENSBERGHÖHTE	1100	1	LUXEMBOURG		
IRELAND	1800	1700	2	GRÖHTE	100	1	ESCH-SUR-ALZETTE	2250	2
PORT TALBOT	4770	4900	2	HEININGSDOOP	1000	2	CHORZOW	145	1
SCOTTHORPE	3590	3330	3	HERRERSHOEHN	1100	2	CESTOCHOWA	180	1
				MAIMBURG	1100	1	GLIWICE	250	1
				ITIE	820	1	KATOWICE	85	1
				PRIME	1000	1	OSTROWIEC	900	1
				RIESA	900	1	STALOWA WOLA	240	1
				SEGEN	800	1	WARSAWA	750	1
				SIEN	150	1	ZAWRZECIE	1340	2
				UNTERVIELLENBORN	1100	1	PORTUGAL		
				VÖLLINGEN	300	1	MAM (Perns)	600	1
				WITTELAR	400	1	SEKAL	1100	1
				WITTEN	450	1	CAROFF	1300	1

Ljusbågsugnar är mycket vanligare än masugnar, så det samlade europeiska behovet av elektroder är mycket stort.

## Bilaga 2 – identifierade testbäddar som kan ha en tydlig koppling till grafit

### **Swerim Luleå**

*Agglomerering:* I Swerims testbädd erbjuds forskning och utveckling inom agglomerering och förbehandling. Det handlar om allt från produktutveckling av finkorniga råvaror till återvinning av metallhaltiga restprodukter som slammer och stoft. Utvecklingen drivs av högre behov på materialeffektivitet. Testbädden är särskilt lämplig för: i) blandning, agglomerering och termisk behandling av restmaterial från stål- och metallindustrin, ii) pelletisering och sintring av material, iii) avfuktning och torkning av finkorniga material och slammer.

*Fluidbäddsteknik:* Processen för fluidbäddsteknik skapar goda förutsättningar för att effektivt använda alltmer komplexa råvaror med högre halter av föroreningar. Den är också en intressant process för återvinning av olika avfall. Till exempel kan processen användas för avskiljning av fluor eller andra oönskade komponenter från stoft och torkade slammer genom kalcinering. Ett intressant utvecklingsområde är utvinning av basmetaller ur mineralkoncentrat med icke önskvärda ämnen som till exempel arsenik.

*Nationellt centrum för forskning om väte för metalliska material.* Faciliteten inkluderar: i) En alkalisk elektrolysör med en kapacitet på 100 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub>-produktion, ii) Uppvärmningsugn med gångstråle som klarar 3 t/h, iii) En dedikerad kompressor som erbjuder 800 Nm<sup>3</sup>/h kompression upp till 25 bar och mycket mer, iv) ATEX-zoner är nyckeln till att demonstrera storskalig gasbearbetning under industriella förhållanden.

Swerim har flexibla användningszoner, med golvyta om 60-320 m<sup>2</sup> och upp till 15 m höjd.

### **RISE Piteå**

*Pyrolyprocesser:* Pyroly är en förvätskningsteknik som kan användas både för biomassa och för organiskt avfall och produkten kan användas antingen som energikälla eller vid tillverkning av råmaterial, kemikalier och drivmedel.

*Termokemisk förbehandling:* Termokemisk förbehandling kan användas till att sönderdela biomassa för att lättare kunna komma åt och frilägga önskvärda strukturer eller molekyler inom biomassan. Exempelvis kan testbädden sönderdela cellulosamaterial från hemi och lignin i flis för att kunna komma åt specifika molekyler i cellulosan.

*Automatiserad tillverkning av högpresterande kompositer:* Detta är en arena där företag kan få hjälp med att testa, utveckla och lära sig om automatiserad tillverkning. Fokus ligger på kostnadseffektiv tillverkning av högpresterande fiberbaserade kompositkomponenter. Testbädden erbjuder stöd i att utveckla, testa och verifiera idéer och omvandla dem till produktionsklara lösningar. Den förkortar time-to-market genom att snabbt skala upp och bli ett tillfälligt FoU-team, med all den expertis och utrustning som behövs. Expertisen spänner över hela utvecklingskedjan – från material, tillverkningstekniker och processer till testning och verifiering. Testbädden har den leveranskapacitet som kunden efterfrågar, när det är dags för uppskalning men kan även hjälpa till med punktinsatser, som att testa ett nytt material eller en process, eller ge skräddarsytt stöd genom varje steg i produktutvecklingsprocessen.

### **RISE Örnköldsvik**

*Hydrotermisk förvätskning (HTL):* Med hydrotermisk förvätskning (hydrothermal liquefaction- HTL) omvandlas biomassa till en flytande olja som i många avseenden liknar fossil råolja. Olja är huvudprodukten i HTL-processen, men det bildas även mindre mängder av gas och fast fas (kol). De fraktioner som uppstår i processen kan förädlas till olika produkter såsom bränslen, kemikalier och material. Processen sker i vatten och torkning av råvarorna är därmed inte nödvändigt vilket bidrar till att HTL är en energieffektiv process som kan omvandla många olika typer av biomassa. På endast några minuter omvandlar HTL biomassa till biobaserad olja och kol, en liknande process som i naturen har tagit miljontals år och bildat den fossila varianten.

*Hydrotermisk karbonisering:* Hydrotermisk karbonisering (HTC) är en termokemisk omvandlingsprocess för att uppgradera biomassa till ett HTC-kol med intressanta egenskaper. HTC-kolet kan också utgöra ett startmaterial för vidare förädling till andra kolbaserade material. Tekniken kräver förhöjda temperaturer och tryck. Det finns möjlighet att testa tekniken i lab- och pilotskala.

*Reaktorsystem för kemiska bioraffinaderiprocesser:* Testbädden förfogar över utrustning i olika storlekar för att skala upp kemiska bioraffinaderiprocesser och synteser. I ett ATEX-klassat rum finns ett reaktorsystem med piloter som används för att utveckla processer och produkter på ett kostnadseffektivt sätt.

### **RISE Stockholm**

*Ytanalys och ytdesign:* Ytanalys och ytdesign testbädden innefattar laboratorier utrustade för karakterisering och optimering av ytor och ytinteraktioner. Den erbjuder en helhetslösning för karakterisering och optimering av ytor. Testbädden kan också bistå längs vägen när specifika utmaningar eller behov av anpassningar exempelvis på grund av lagkrav eller miljö/hållbarhet uppstår.

## Bilaga 2

*Separering av lignocellulosa och restprodukter:* Kokeriet i pilotskala är mycket flexibelt och RISE har tagit fram effektiva metoder och utrustning för simulering av samtliga kommersiella kokmetoder. RISE har stor erfarenhet av olika kokerisystem och arbetar kontinuerligt med förbättringar inom både sulfat- och sulfitkokning. Flis- och lutprover från fabrik används för att simulera den befintliga kokaren i laboratoriemiljö under kontrollerade former. Kokarna kan med fördel även användas som reaktorer i bioraffinaderiutredningar.

### **RISE Södertälje**

*Kemisk processutveckling, processteknik och uppskalning:* Kemiska processer designas och optimeras ur många perspektiv till exempel tekniska, regulatoriska, ekonomiska, säkerhets-, hälso- och miljömässiga. Testbädden är avsedd för utveckling, optimering och uppskalning av kontinuerliga och satsvisa processer från laboratorieskala till pilotskala. I testbäddserbudandet ingår tillgång till kemisk, kemiteknisk, och analytisk specialistkompetens.

### **RISE Norrköping**

*Tryckt elektronik och hybridelektronik:* Europas modernaste test- och demoanläggning för hybridelektronik (kombination av tryckt elektronik och kiselchip). PEA eller Printed Electronics Arena är designad för test och utveckling av tryckta elektronik- och hybridsystem.

### **RISE Borås**

*Säkerhetskritisk provning för batterier:* Ett labb för säkerhetskritisk provning är under uppbyggnad. Labbet är en del i satsningen SEEL och utrustas för utvärdering av produkter för termisk rusning, brandexponering, vibration, cykling och klimatvariation. Vatten- och rökgasreningen i labbet blir världsledande för att möta miljö- och hållbarhetskrav som ställs på kunder.

*Materialprovning i vätgasmiljö:* Testbädden erbjuder möjlighet till kundanpassade lösningar för materialprovning i vätgasmiljö. Här erbjuds vetenskaplig expertis och en ändamålsenlig utvecklingsmiljö som anpassas utifrån specifika behov.

*Molekylär analys av material och ytor med avbildande masspektrometri:* Med ToF-SIMS kan man ta fram information om materialytors molekylära sammansättning och avbilda hur olika komponenter är fördelade på ytan. Alla fasta material kan analyseras, men metoden är speciellt kraftfull för organiska föreningar. Anläggningen kan mäta på mycket låga provmängder och avbilda specifika molekyler med hög rumslig upplösning på ett sätt som inte är möjligt med andra analysmetoder.

## Bilaga 3 – de intressenter som vi fört dialog med under genomförbarhetsstudien

### **Stora företag – OEM och Tiers**

- Talga
- Georeality AB
- Northvolt
- Scania
- H2 green steel

### **SMF/Startups**

- Hymeth
- SSAC
- Powercell
- Permascand

### **Forskningsaktörerna**

- KTH
- Ltu
- MiUN

### **Innovationsmiljöer/Testbäddar**

- IMA

### **Invest in aktörer**

- Business Sweden
- Invest In Norrbotten
- Torsboda Industrial Park

### **Forskningsfinansiärer**

- Vinnova
- Energimyndigheten
- Formas

### **Impact Innovation**

- Gruva och metall