



PÅ UPPDRAG AV ENERGIMYNDIGHETEN

Kompetensförsörjning för en hållbar batterivärdekedja i Sverige

30. juni 2022

SOPRA STERIA

Tel: +46 8 587 650 00

E-mail: info.se@soprasteria.com

Address: Vasagatan 38, 6 tr,

111 20 Stockholm, Sverige

AUTHORS

Josef Hughes, Managementkonsult

Moa Udén, Managementkonsult

Stephanie Regnér, Business Developer – Sustainability & Energy

Eivind Kristoffersen, Senior Manager (PhD)

FÖRFATTARNA VILL TACKA

Charlotte Lejon, Klaas Burgdorf, Greger Ledung och Yawer Jafri (Energimyndigheten) för värdefulla kommentarer och förslag samt Emma Calderon, Emma Eng, Charlotte Hilding Sahlin, Erik Sundberg, Malin Hankvist och Ricardo Nascimento (Sopra Steria) för översättning och kvalitetssäkring.

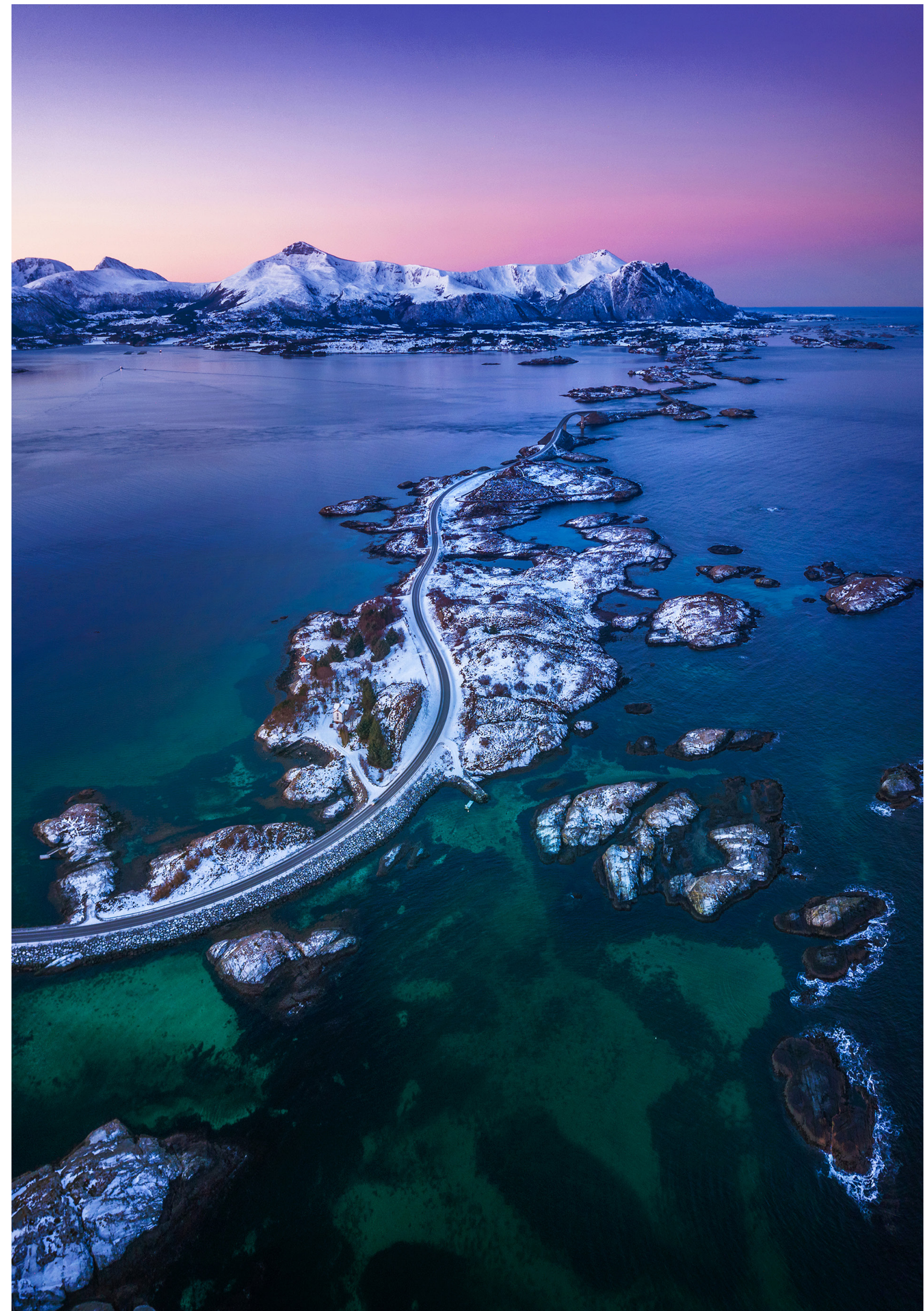
VÄNLIGEN CITERA RAPPORTEN ENLIGT FÖLJANDE:

Hughes, J., Udén, M., Regnér S., Kristoffersen, E. (2022).

“Kompetensförsörjning för en hållbar batterivärdekedja i Sverige”,

Sopra Steria Stockholm, 30 juni 2022

FOTO: GETTY IMAGES





Sammanfattning

Batterier är en möjlig nyckelteknologi för att minska koldioxidutsläpp inom transportsektorn och ställa om för en hållbar energi-epok. Utvecklandet av en hållbar batterivärdekedja är avgörande för att nå Sveriges mål om ett fossilfritt välfärdssamhälle, nettonollutsläpp och säkerställandet av den framtida hållbara konkurrenskraften inom svensk industri. Den framväxande europeiska batterivärdekedjan leder till att produktionskapaciteten byggs upp i snabb takt. Eftersom batterimarknaden fortfarande domineras av Asien, så är kvalificerad arbetskraft och kompetens för batterivärdekedjan en bristvara i Europa. Enligt European Battery Alliance (EBA) kommer Europa att behöva utbilda och omskola 800 000 arbetstagare fram till år 2025 för att uppnå målet om den gröna omställningen och möta kraven från den framväxande batterivärdekedjan.

Den stora mängden kompetens som behövs på så kort tid är den första av dess slag för Europas (och Sveriges) utbildningsväsende. Att etablera mer regional kompetensutveckling i Europa är av yttersta vikt för att förse den europeiska batterivärdekedjan med

kvalificerad arbetskraft och överbrygga kompetensgapet. För att kunna skala upp Sveriges roll i den europeiska batterivärdekedjan på ett adekvat sätt behövs insatser på flera fronter: från att förstå vilka kompetenser som behövs till hur dessa kan tillhandahållas genom att förstärka befintliga strukturer för kompetensförsörjning, utforma nya flexibla utbildningsprogram och stärka det nordiska samarbetet.

Detta är den andra av två rapporter som undersöker kompetensförsörjning för den hållbara batterivärdekedjan i Sverige. I den första rapporten genomfördes en omfattande litteraturstudie och en enkät besvarades av 66 branschexperter för att konsolidera befintlig kunskap och analysera Sveriges nuvarande kompetensbehov. Den andra rapporten kompletterar gapanalysen genom att inkludera kompetensutbudet och föreslår åtgärdsförslag för att överbrygga kompetensgapet för en hållbar batterivärdekedja. Detta gjordes genom 17 semistrukturerade intervjuer och en digital workshop med 21 deltagare. Resultatet omfattar en kunskaps-sammanställning, ett kompetensramverk,

utmaningar, grundförutsättningar, samt förslagna åtgärdsförslag för att överbrygga gapet.

Även om det idag finns många initiativ och implementerade åtgärder för att stänga kompetensgapet, visar datan från den här studien tydligt att dessa är otillräckliga i sin nuvarande form och omfattning. När det gäller de faktiska förmågor som industrin behöver finns det samsyn inom industrin om både övergripande och specifika förmågor (sammanställda i ett kompetensramverk). Utöver detta framhöll industrin behovet av kvalificerad arbetskraft med följande egenskaper:

- **Helhetsförståelse för batterivärdekedjan, även för specialister**
- **Kunskap om batterikemi, batterikomponenter och systemintegration av batterier**
- **Systemförståelse för cirkulär ekonomi och hållbarhet**
- **Operativ kunskap om specifika cirkulära strategier, såsom återvinning**

För att utveckla dessa förmågor och överbrygga kompetensgapet i batterivärdekedjan pekar denna studie på tre huvudområden som behöver stärkas:

1. **Behov av samordnade insatser för batterivärdekedjan**
2. **Utmaningar inom utbildningssystemet**
3. **Att bibehålla kvaliteten och samtidigt öka tillgängligheten och kapaciteten av utbildning**

Slutligen är det centralt att vidareutveckla redan starka miljöer och organisera kompetensutveckling samt tillgången till både fysisk och virtuell utbildning för att möta den stora efterfrågan som finns i näringslivet och därmed säkerställa svensk konkurrenskraft och välfärd. Att skapa förutsättningar för ett modulärt och dynamiskt kursutbud, som kan anpassas efter behov, kommer också att vara avgörande för möjligheten att erbjuda studenter och yrkesverksamma rätt utbildning med hög tillgänglighet, oavsett geografisk hemvist. En ökning av andelen infrastruktur för forskning och innovation samt öka tillgängligheten till dessa miljöer, även för studenter, yrkesverksamma och mellan utbildningsnivåer, påverkar därmed i hög grad Sveriges förmåga att möta behovet av forskning och innovation, men även kompetensförsörjningen. Denna infrastruktur bör vara tillgänglig oberoende av studenternas hemvist och utbildningsnivå. ●



Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Innehållsförteckning	6
1. Introduktion	10
1.1. Motivation – den framväxande europeiska batterivärdekedjan	10
1.2. Syfte och omfattning	13
1.3. Avgränsningar	13
2. Metod	14
3. Den hållbara batterivärdekedjan	16
3.1. Den nordiska batterivärdekedjan	16
3.2. Cirkulär ekonomi	20
3.3. Skapa en hållbar batterivärdekedja genom ökad cirkuläritet	23
3.4. Konkurrensfördelar	26
4. Kompetenser och färdigheter för en hållbar batterivärdekedja	30
4.1. Generiska kompetensbehov för hållbarhet	30
4.2. Generella och specifika färdigheter för en hållbar batterivärdekedja	32
5. Kompetensbehov inom den hållbara batterivärdekedjan	34
5.1. Generell kompetens för batterier	36
5.1.1. Digital kompetens	38

5.1.2. Cirkulär ekonomi	39
5.1.3. Metodologiska färdigheter	40
5.2. Specifika kompetenser & färdigheter för batterier	42
5.2.1. Översikt av alla specifika kompetenser & färdigheter för batterier	43
5.2.2. Kemi & Materialteknik	44
5.2.3. Brytning, anskaffning & bearbetning	45
5.2.4. Design & tillverkning	47
5.2.5. Applikation & integration	48
5.2.6. System- & datorkunskap	50
5.2.7. Styrning & lagstiftning	51
6. Utbildning relaterad till batterivärdekedjan	54
6.1. Europeisk utblick	55
6.2. Akademiska och praktiska utbildningar i Sverige	57
6.2.1. Gymnasium och Vuxenutbildning	60
6.2.2. Yrkehögskoleutbildning	61
6.2.3. Kandidat- och Mastersexamen	63
6.2.4. Doktorandstudier och Forskningscentrum	65
6.2.5. Samarbete med industrin (fortbildning)	68
6.2.6. Massiva öppna onlinekurser (MOOCs)	69
7. Identifierade utmaningar och åtgärdsförslag	72
7.1. Behov av samordnade insatser för batterivärdekedjan	74
7.1.1. Brist på nationell och nordisk samordning	74
7.1.2. Avsaknad av en nationell plan	78
7.1.3. Bristande intresse och förståelse för batterivärdekedjan	78
7.2. Utmaningar inom utbildningssystemet	81
7.2.1. Behov av ett mer dynamiskt och modulärt utbildningssystem	81

7.2.2. Olika meritssystem inom den akademiska världen	83
7.2.3. Studentersättningssystemet - studentpengen	84
7.3. Att bibehålla kvaliteten och samtidigt öka tillgängligheten och kapaciteten av utbildning	85
7.3.1. Otillräcklig kompetenshantering längs hela värdekedjan	85
7.3.2. Brist på forskningsinfrastruktur och praktisk erfarenhet	89
7.3.3. Brist på infrastruktur för kunskapsöverföring mellan akademien och industrin	91
8. Slutsatser	94
8.1. Behov av helhetsförståelse för att göra batterivärdekedjan hållbar	95
8.2. Identifierade utmaningar och åtgärder	96
8.3. Potentiella effekter och konsekvenser	97
8.4. Överbrygga gapet	98
9. Referenser	100
Bilaga A	106
Rangordnade åtgärdsförslag från enkäten	106
Kort sikt (2022–2025)	108
Medellång sikt (2025–2030)	110
Lång sikt (2030+)	112
Bilaga B	114
Nyckelkompetenser för hållbarhet	114
Bilaga C	116
Grundförutsättningar för åtgärdsförslag och ansvarsområden	116





1. Introduktion

1.1. Motivation – den framväxande europeiska batterivärdekedjan

Batterier är en möjlig nyckel-teknologi i omställningen till ett fossilfritt samhälle, från att stödja förnybar energiproduktion och industri-system till transportsektorn. Faktum är att en svensk elbil släpper ut 83% mindre koldioxid än en bensindriven bil. [1]. Oavsett om detta är en alltför optimistisk uppskattning eller inte, förutspås efterfrågan på batterier öka avsevärt under det kommande decenniet – vilket möjliggör snabb tillväxt i den globala batteriindustrin. Den europeiska batterimarknaden förväntas växa från 30-50 GWh år 2020 till 400-1000 GWh år 2030 [2]. Hittills har transportsektorn varit den huvudsakliga drivkraften bakom denna tillväxt och den vanligaste typen av batteri har varit litiumjonbatterier. Eftersom den största delen av litiumjonbatterier som används i Europa idag produceras i Asien, finns det ett starkt incitament att bygga upp en europeisk batterivärdekedja ur ett ekonomiskt, miljömässigt och socialt perspektiv. Europeiska unionen (EU) förutspås bli den näst största globala marknaden för batterier och batteriproduktion [3]. Dessutom

tillverkas en stor del av batterierna till världens elektriska fordon (EV) i Kina, genom användning av sällsynta råvaror anskaffade från etiskt problematiska delar av världen. Utöver detta har EU lagt fram ett första förslag för att säkerställa en hållbar batterivärdekedja [4] – vilket förväntas driva marknad och efterfrågan avseende relaterade kompetenser och arbetskraft.

Dagens globala batterivärdekedja är varken hållbar eller cirkulär. Eftersom de flesta batterier (t.ex. litiumjonbatterier) använder flera sällsynta material, vilket leder till stor miljömässig påverkan, är det viktigt att säkerställa att den nya europeiska batterivärdekedjan etableras enligt principerna för cirkulär ekonomi och nettonollutsläpp. En förflyttning i riktning mot en cirkulär ekonomi har förutom att avlasta trycket på miljön också möjlighet att ge stora sociala och ekonomiska fördelar, så som förbättrad säkerhet i materialförsörjning, ökad konkurrenskraft, stimulering av innovation och skapande av arbetstillfällen [5].

En cirkulär övergång har också andra positiva krusningseffekter för batteriets värdekedja. Fraunhofer uppskattar att för varje GWh som produceras skapas minst 100 direkta jobb och 300 indirekta jobb kopplade till batterivärdekedjan [2]. Enligt European Battery Alliance (EBA) kommer Europa att behöva utbilda och omskola 800 000 arbetare till 2025 för att uppnå sitt mål om det gröna skiftet och möta kraven från den växande batterivärdekedjan. Det är första gången Europas utbildnings-ekosystem möter så stort kapacitets- och kompetensbehov på så kort tid. Branschen beräknas skapa 4 miljoner jobb och ett årligt värdeskapande på 250 miljarder euro fram till 2025. Med den förväntade ökningen av efterfrågan på batterier och arbetskraft under de kommande decennierna är detta en idealisk möjlighet för de nordiska länderna att dra nytta av sina samlade styrkor och säkra ett starkt fotfäste i den framväxande europeiska batterivärdekedjan. En cirkulär övergång skulle också ha positiva ringeffekter för batteriets värdekedja. Fraunhofer uppskattade att det för varje producerad GWh kommer att finnas minst 100 direkta jobb och 300 indirekta jobb kopplade till batteriets värdekedja [2].

En hållbar värdekedja för batterier är nyckeln till hållbar utveckling. Att utveckla en hållbar värdekedja för batterier är avgörande för att uppnå Sveriges mål om att bli ett fossilfritt välfärdssamhälle, uppnå nettonollutsläpp, och för att säkerställa den svenska industrins framtida (hållbara) konkurrenskraft. Att utveckla en hållbar

batterivärdekedja är en avgörande del för att uppnå Sveriges målsättning om ett fossilfritt välfärdssamhälle och för att säkerställa den framtida (hållbara) konkurrenskraften i Sveriges industri. Sverige har en stark position för att utnyttja denna tillväxtmarknad. Med god tillgång till förnybara resurser, avancerad teknisk kompetens och välutvecklad infrastruktur, är möjligheterna för att utveckla en cirkulär batterivärdekedja mycket goda. Sverige är också bland de världsledande inom hållbar utvinning av råmaterial med utveckling av fossilfri gruvdrift [6]. Som utvecklad IT-nation har Sverige dessutom digitala förmågor avseende spårbarhet, livstidsoptimering och andra IT-relaterade tjänster. Detta och andra faktorer som tillgång till ren och billig elektricitet och en välutvecklad bilindustri ger Sverige goda förutsättningar till att bli en nyckelspelare i en hållbar europeisk batterivärdekedja.

Eftersom efterfrågan på batterier kommer fortsätta växa under kommande årtionden så håller redan flera europeiska aktörer på att ta stora steg för att säkra positioner i värdekedjan. För att framgångsrikt öka Sveriges del av den framväxande europeiska batterivärdekedjan måste insatser göras skyndsamt. Eftersom batterimarknaden fortfarande domineras av Asien så är det brist på tillräckligt kompetent arbetskraft och batterikompetens i Europa. Även om det finns andra hinder så är det ytterst viktigt att överbrygga detta kompetensgap genom att etablera mer regional kompetensutveckling i Europa. Detta för att förse hela batterivärde-



» kedjan med tillräckligt kompetent arbetskraft. EU-kommissionens arbetsgrupp för utbildning och kompetens uttrycker det på följande vis (författarens översättning):

«Det är angeläget att förstå efterfrågan på arbetskraft och de kvalifikationer som krävs i Europa [...]. Utvecklingen och expansionen av olika utbildningssegment måste snabbt investeras i och implementeras, inklusive akademiska, professionella, yrkesmässiga och offentliga/användarsegment, tillsammans med åtgärder som stimulerar en jämn könsfördelning inom alla områden.» [7]

En studie genomförd av Fossilfritt Sverige underströk också att långsiktiga investeringar i forskning och utveckling kommer behövas för att överbrygga kunskapsgapet i batterisektorn. Avsaknad av kompetens kan vara en avgörande faktor och flaskhals för de svenska delarna av batterivärdekedjan.

Det finns ett akut behov av att förstå vilka kompetenser som behöver utvecklas längs med hela batterivärdekedjan, vilka åtgärder som ska genomföras, vart investeringar ska riktas och hur detta hänger ihop med övergripande kompetens och strukturella förändringar som behövs för att stödja Sveriges omställning mot ett hållbart samhälle.



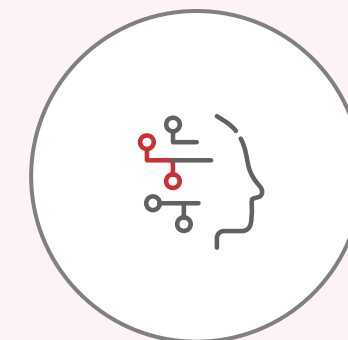
1.2. Syfte och omfattning

Syftet med studien är att få en bättre förståelse för i) de nuvarande bristerna när det gäller utmaningar och åtgärder för att hantera tillgång och behov av kompetens, incitament och tillgång till arbetskraft inom den hållbara batterivärdekedjan, och ii) hur detta hänger samman med övergripande kompetens och strukturella förändringar som behövs för att stödja Sveriges övergång till ett hållbart samhälle. Denna rapport är den andra av två rapporter som undersöker och kartlägger kompetensbehov och kompetensförsörjning för

den hållbara batterivärdekedjan i Sverige. Den första rapporten sammanställde befintlig kunskap och analyserade Sveriges kompetens- och arbetskraftsbehov för att bli en nyckelaktör i en hållbar och konkurrenskraftig europeisk batterivärdekedja och den tillhörande övergången till en cirkulär värdekedja. Den andra rapporten kompletterar gapanalysen genom att inkludera kompetensförsörjning och föreslår åtgärder för att överbrygga kompetensgapet för en hållbar batterivärdekedja.

1.3. Avgränsningar

Rapporten fokuserar på kompetensbehov och kompetensförsörjning och kommer därför inte att studera människorelaterade faktorer som kultur, tillgång till bostäder, infrastruktur osv. som kan påverka Sveriges förmåga att attrahera, behålla och utveckla rätt kompetens och arbetskraft för att säkerställa en hållbar och konkurrenskraftig värdekedja för batterier.





2. Metod

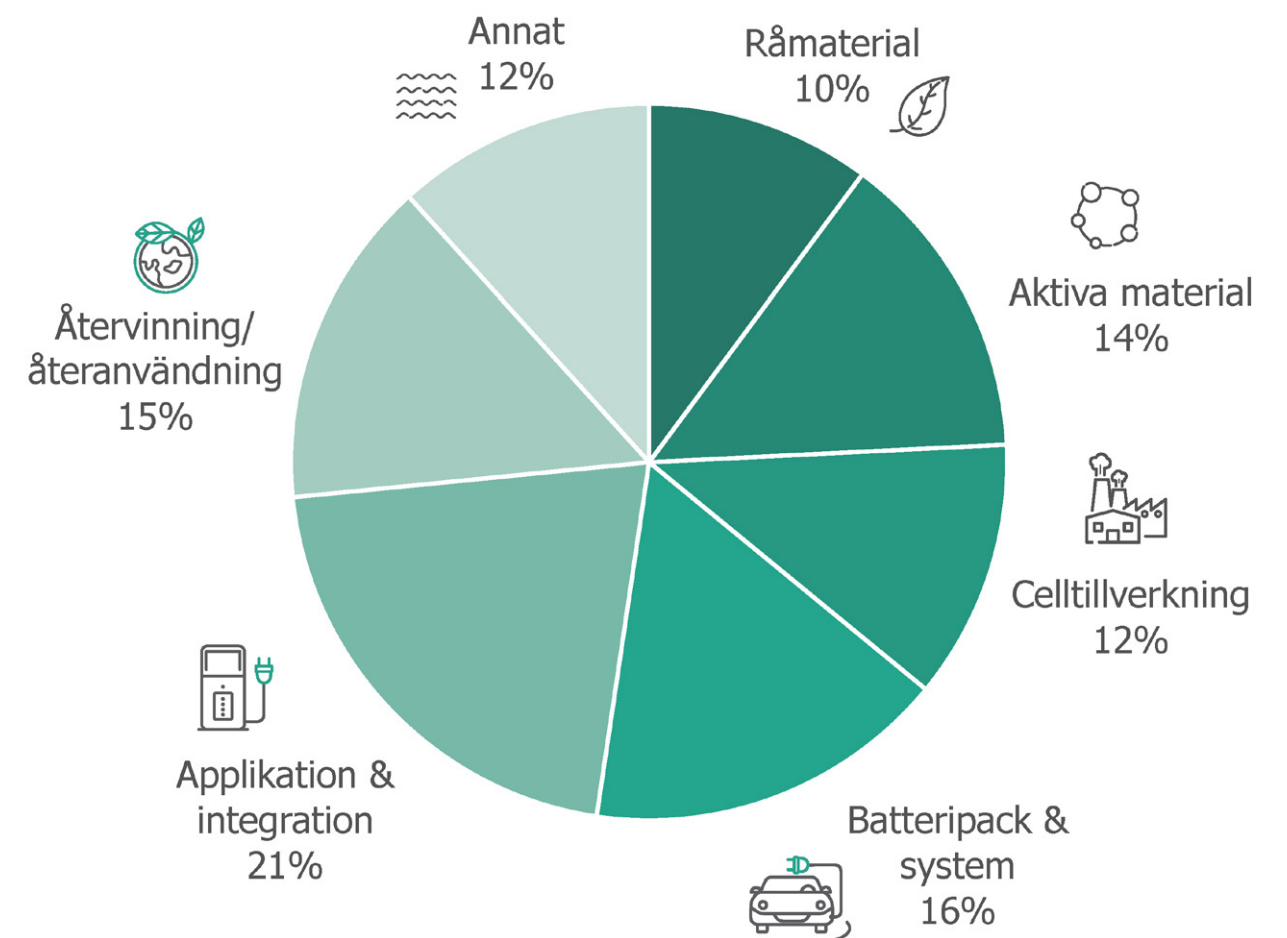
Denna studie baseras på analys av tillgänglig litteratur och en enkätundersökning riktad till experter i den svenska batterivärdekedjan. För att säkerställa överensstämmelse och jämförbarhet med andra europeiska och nordiska länder så har studien nyttjat och vidareutvecklat metod, resultat och enkätdesign från både det norska BattKOMP- projektet [8] och det europeiska ALBATTs-projektet [9]. Arbetet har genomförts av Sopra Steria på uppdrag av Energimyndigheten.

För litteraturöversikten sammanställdes och analyserades en omfattande lista av relevant litteratur. Den inkluderade industrirapporter, statliga rapporter och vetenskapliga artiklar med både direkt och indirekt relevans för kompetensbehov, kompetensförsörjning och konkurrenskraft för en svensk hållbar batterivärdekedja. En komplett källförteckning hittas i Referenser.

Enkäten skickades ut till 166 experter och företag fördelade över batterivärdekedjan (även refererat till "segmentet för efterfrågan av kompetens"). Totalt kom 66 svar in vilket gav en

svarsfrekvens på 40%. Urvalet gav en god täckning över alla steg i batterivärdekedjan vilket kan ses i Figur 1.

För att stödja den kvantitativa data som samlades in i enkäten intervjuades 17 personer och en digital workshop med 21 deltagare genomfördes. För att komplettera enkätens orientering mot kompetensefterfrågan riktade sig intervjuerna mer till experter från det svenska utbildningssystemet (eller "kompetensförsörjning"), inklusive universitet, yrkeshögskolor och regioner/kommuner. För att validera bilden och gapet mellan utbud och efterfrågan av kompetens genomfördes en workshop. Denna samlade experter från industrin, myndigheter och utbildningssektorn. I stort var målet med frågeformuläret och intervjuerna att identifiera relevanta kompetenser, utmaningar och åtgärder för att överbrygga kompetensgapet. Utifrån underlaget syftade workshopen till att föreslå och prioritera riktade åtgärdsförslag och ansvarsområden till de tre huvudsakliga intressenterna (regering, akademi och industri) för att stänga gapet.



Figur 1. Översikt över respondenternas position i batterivärdekedjan. Varje respondent kan vara verksam i mer än ett steg. Batterivärdekedjan har delats upp i sex steg: Råmaterial, aktiva material, celltillverkning, batteripack & system, applikation & integration, samt återvinning/återanvändning. De sex delarna bygger på European Battery Alliance batterivärdekedja [10].



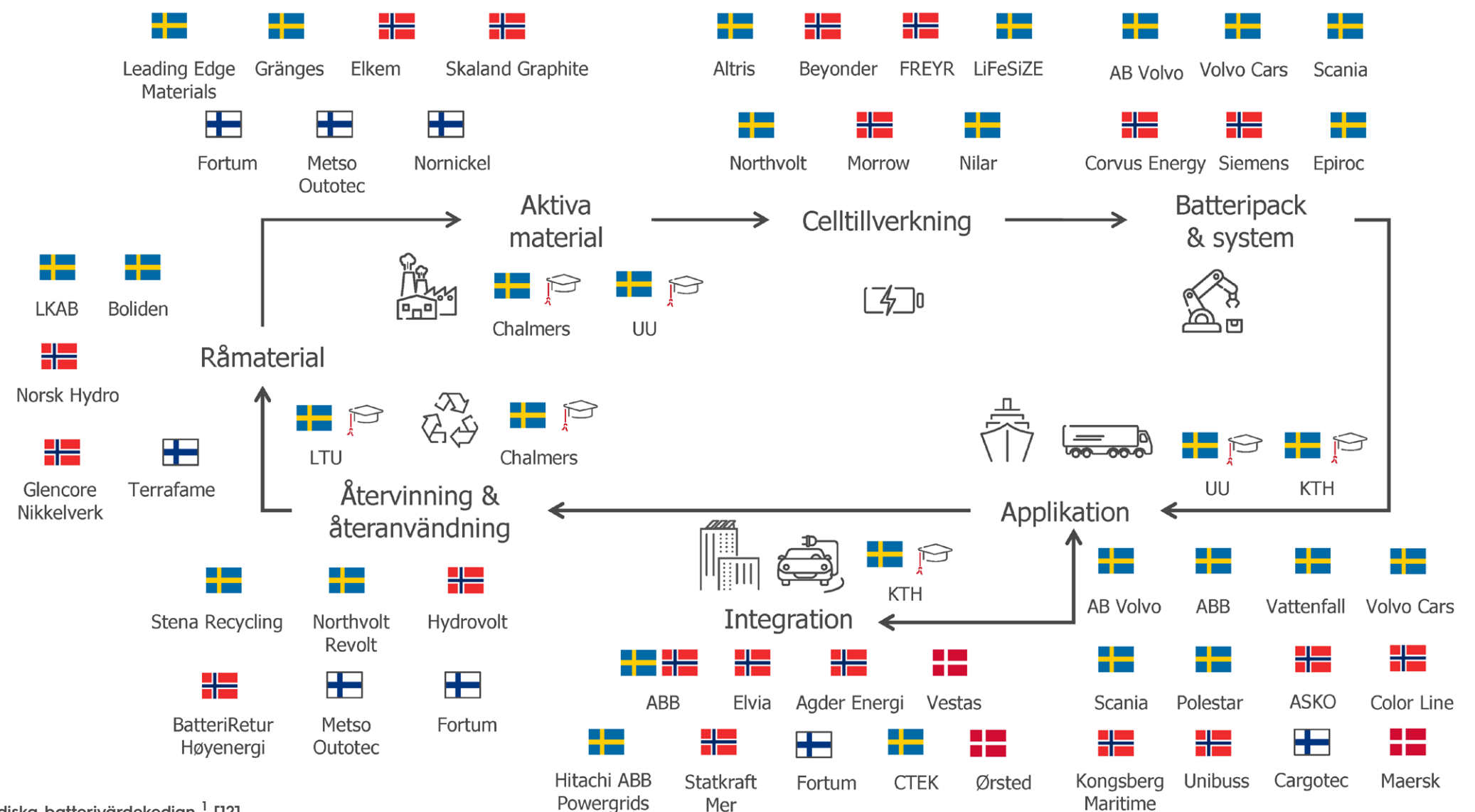
3. Den hållbara batterivärdekedjan

3.1. Den nordiska batterivärdekedjan

Mot den mest hållbara och integrerade regionen i världen.

Det nordiska ministerrådet har en tydlig vision, att Norden skall bli världens mest hållbara och integrerade region till år 2030 – genom att gemensamt främja en grön omställning, ett koldioxidneutralt samhälle och en hållbar cirkulär ekonomi [11]. Att utveckla en hållbar batterivärdekedja är en kritisk beståndsdel i pusslet och de nordiska länderna är i en god position att ta en ledande roll och attrahera investeringar och kompetenser genom hela värdekedjan. Den nordiska regionens starka position bygger på tillgång till hållbar energi till konkurrenskraftiga priser, pålitlig infrastruktur, stabila marknader, tillgång till mineraler, ledande industrier inom materialteknik, konkurrenskraftig bilindustri och batteriintegratorer, ledande forskningscentrum, tillsammans med erfarenhet, kunskap och ett åtagande i den cirkulära ekonomin [12]. Med andra ord har de nordiska länderna en viktig roll i utvecklandet av en innovativ, konkurrenskraftig och hållbar europeisk batterivärdekedja.

Figur 2.
Den nordiska batterivärdekedjan ¹ [12].



Däremot är batterivärdekedjan komplex och involverar ett stort antal intressenter, var och en med sina egna detaljerade processer, teknisk sakkunskap och kompetensbehov. Allt från brytning, anskaffning och bearbetning av råvaror för produktion av aktiva material för anoder, katoder och elektrolyter till produktion, tillämpning, integrering, och återanvändning/återvinning av battericeller, -paket och -system. För att vara konsekventa använder vi samma modell av bat-

terivärdekedjan som Fossilfritt Sverige och European Battery Alliance, se Figur 2 för modellens olika steg och exempel på aktuella aktörer i den nordiska batterivärdekedjan.

Att utveckla en hållbar batterivärdekedja är en komplex och mångbottnad utmaning. Arbetet kräver en insikt och tvärvetenskaplighet som sträcker sig långt utanför värdekedjans individuella aktörers kärnverksamheter. En förståelse för hela batterivärdekedjan »

¹ Notera: Flaggorna i cirkeln representerar universitet, Uppsala universitet (UU), Chalmers tekniska högskola (Chalmers), Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) och Luleå tekniska universitet (LTU).

» krävs därför för att vara en konkurrenskraftig aktör som vill lyckas med utvecklingen av nya avancerade material, processer och att nå krav på hållbarhet, likväl som för att möta kundens krav på specialanpassningar eller nischprodukter [8]. Intressant nog så är denna komplexitet en potentiell konkurrensfördel för den nordiska batterivärdekedjan. Regionen är väl lämpad för att nyttja de olika ländernas respektive styrkor, med nära interaktioner över värdekedjan och etablerade gränsöverskridande industriella nätverk (som till exempel "Nordic Battery Thursdays" en serie webbseminarium arrangerade av Business Finland, Business Sweden, Innovasjon Norge och EBA250 – EIT InnoEnergy [13]). Norden är också känt för sin höga nivå av social tillit, sin mogna teknikhantering och sin vilja att dela sin expertis och kunskap. Dessa faktorer är alla väsentliga byggstenar för att uppnå en konkurrenskraftig och hållbar batterivärdekedja.

Däremot återfinns viktiga delar av batterivärdekedjan fortfarande utanför Europa. Detta gör att svenska aktörer är beroende av import, både för tillgången av material och råvaror för att tillverka batterier, men också tillgången på de färdigheter som krävs för produktion och användande av batterier [6]. Därför är utvecklingen av en cirkulär ekonomi avgörande för batterivärdekedjan som helhet.



3.2. Cirkulär ekonomi

Vår nuvarande linjära ekonomi med "utvinning-produktion-användning-avfall" kännetecknas ofta av sitt avfall, exempelvis där komponenter, produkter eller material betraktas som uttjänta i förtid, alternativt där deras kapacitet för värdeskapande är underutnyttjad. För att adressera detta uppstod konceptet cirkulär ekonomi under 2010-talet som ett sätt att bidra till en hållbar utveckling [14]. Konceptet omfattar en rad aktiviteter för att

avgränsa, bromsa och stänga flöden av material och energi som ett sätt att hantera avfall. Se Figur 3 för en illustration av en linjär respektive cirkulär ekonomi. Den cirkulära ekonomin är ännu i ett tidigt stadie av sin utveckling, där internationella standarder fortfarande är under utveckling [15]. Med över 100 definitioner, bara inom den vetenskapliga litteraturen, används följande meta-definition (författarens översättning):

"En cirkulär ekonomi beskriver ett ekonomiskt system som baseras på affärsmodeller som ersätter konceptet av uttjänta produkter med att minska, alternativt återanvända, och återvinna [...] material i produktion/distribution och konsumtionsmönster, [...], med målet att uppnå hållbar utveckling, vilket innebär att skapa miljö kvalitet, ekonomiskt välstånd och social rättvisa, till förmån för nuvarande och kommande generationer." [16]



CIRKULÄRITET ≠ HÅLLBARHET.

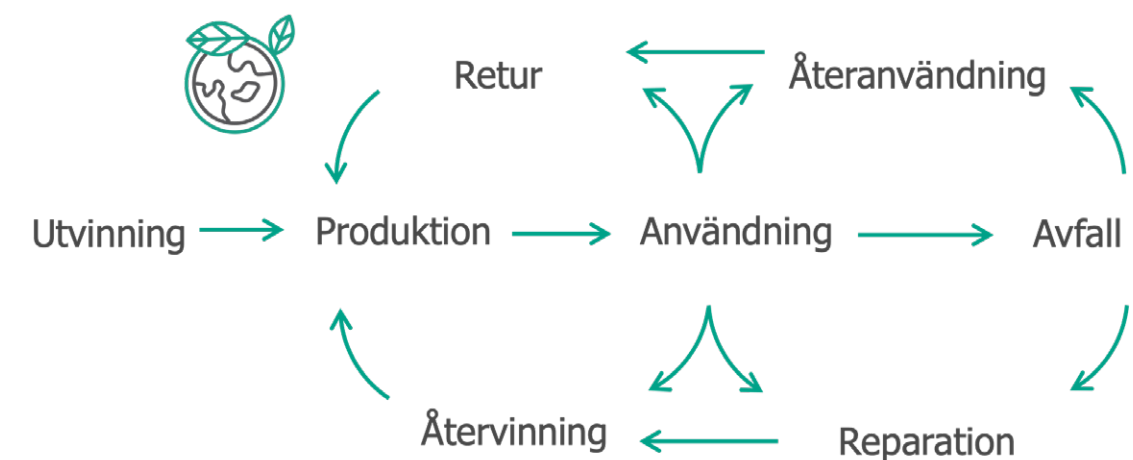
Även om inget likhetstecken bör sättas mellan "cirkulär" och "hållbar", har begreppet fått allt större betydelse bland forskare inom akademien, organisationer och beslutsfattare på grund av dess förmåga att främja hållbar utveckling samtidigt som den gagnar ekonomisk tillväxt [17]. Detta kan bero på dess underliggande mekanism som frikopplar värdeskapandet från konsumtionen av ändliga resurser, vilket är

möjligt genom ett urval av stärkande, effektiva, och produktivitetinriktade strategier som gör att material, komponenter och produkter används under en längre tid [18]. Det möjliggör en ökad konkurrenskraft för företag genom att säkra tillgång till råmaterial, öka resurseffektivitet, innovationskapacitet och digitalisering, samt minimera risker och minska klimatpåverkan.

Linjär ekonomi

Utvinning → Produktion → Användning → Avfall

Cirkulär ekonomi



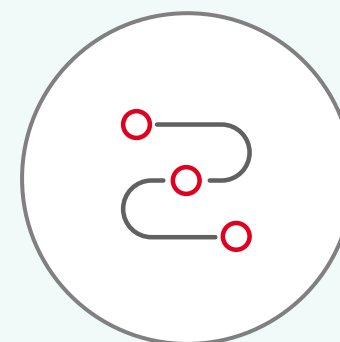
Figur 3.
Linjär respektive cirkulär ekonomi.

Fördelarna med ett sådant synsätt är betydande och, enbart för Europa, estimerade till att år 2030 skapa en nettovinst om 1,8 biljoner euro till 2030 samtidigt som växande resursrelaterade utmaningar hanteras genom att skapa jobb och sporra innovation, vilket genererar betydande fördelar för miljön och ökad resiliens genom att minska importberoendet. [19, 20]. Den cirkulära övergången skulle emellertid också innebära avsevärda kostnader för ett sådant ekonomiskt omfattande projekt, särskilt inom områdena forskning och utveckling och omformningen av globala värdekedjor. Därför är det absolut nödvändigt att övergången till en cirkulär modell är välskött och anpassad till Europas tillväxt- och styrningsstrukturer. Cirkulära ekonomin är ett av nyckelelementen i EU-kommissionens gröna giv, också känd som Circular Economy Action Plan (CEAP) [5]. Alla nordiska länder (förutom Island) har också utvecklat nationella strategier för hur landet ska röra sig mot en cirkulär ekonomi, parallellt med en ökad konkurrenskraft. Sverige specifikt satsar på att skapa en mer hållbar produktion av varor och tjänster med visionen att skapa "Ett samhälle där resurser används effektivt i giftfria cirkulära flöden och ersätter jungfruliga material" [21]. Strategin framhäver fyra fokusområden:



- **Hållbar produktion och produktdesign**
- **Hållbara sätt att konsumera och använda material, produkter och tjänster**
- **Giftfria och cirkulära kretslopp**
- **Drivkrafter för näringsliv och andra aktörer genom åtgärder som främjar innovation och cirkulära affärsmodeller.**

Områdena är tätt sammanlänkade, vilket indikerar att många olika lösningar behöver utvecklas och flertalet barriärer behöver övervinnas (t.ex. marknadsbarriärer för återvinning av metaller [22]) för att förverkliga Sveriges övergång till en cirkulär ekonomi [23]. Likväl kan den cirkulära ekonomin stärka svensk konkurrenskraft genom att hushålla med resurser och möjliggöra för nya teknologier, tjänster och affärsmodeller att skapas [24]. Att hushålla med resurser är inget nytt, men dagens digitala teknologier erbjuder helt nya möjligheter till att skapa en resurseffektiv framtid.



DIGITAL TEKNIK ÄR EN NYCKELFAKTOR.

Digitala teknologier så som Internet of Things, big data, blockkedjeteknik och artificiell intelligens anses vara väsentliga möjliggörare för cirkulär ekonomi. [25]. Genom positionering av informationsflöden, som möjliggör

för resursflöden att bli cirkulära, kan digitala teknologier accelerera takten på Sveriges övergång mot en cirkulär ekonomi, också kallad den *digitala* cirkulära ekonomin [26]. Digital och datadriven innovation skapar nya teknologier och tjänster som kan accelerera övergången, genom att ersätta produkter med tjänster eller genom att det blir enklare att återanvända eller dela på produkter och tjänster. Digitala lösningar kan också möjliggöra för spårning, kartläggning och delning av resurser, och på så sätt tillhandahålla mer information om individuella behov, vilket kan leda till optimal design av produkter, processer och produktion.

3.3. Skapa en hållbar batterivärdekedja genom ökad cirkuläritet

Trots vikten av batterier för att stödja den fossilfria omställningen av Sveriges ekonomi, kommer hur dessa batterier utformas, tillverkas och integreras i ekonomin att definiera deras miljöpåverkan för kommande generationer. Därför är en cirkulär ekonomi för batterier avgörande för att förhindra att en av lösningarna på den nuvarande klimatkrisen blir orsaken till en ny sådan.

Det är alltså ingen tillfällighet att nya regler för batterisektorn är listad som en av huvudaktiviteterna i EU-kommissionens Circular Economy Action Plan (CEAP) [5]. För närvarande är en ny batteriförordning (2020/0353 (COD)) och en modernisering av Batteridirektivet (2006/66/EC) under utveckling, med målet att lösa flera hinder kop-

plade till standardiseringar och regulatoriska frågor för en hållbar europeisk batterivärdekedja. Detta inkluderar obligatoriska krav på hållbarhet (så som regler för koldioxidavtryck, krav på användning av återvunnet material, kriterier för prestanda och varaktighet m.m.), säkerhet, etikettering, och kriterier för hantering av uttjänta produkter, för att nämna ett antal. Regleringen innehåller också förslag på skyldigheter för Due Diligence vid anskaffning av råmaterial, batteripass, samt ansvar och förpliktelser för aktörer genom värdekedjan vad gäller information och utsläppskrav [27].

I framtiden måste alla batterier

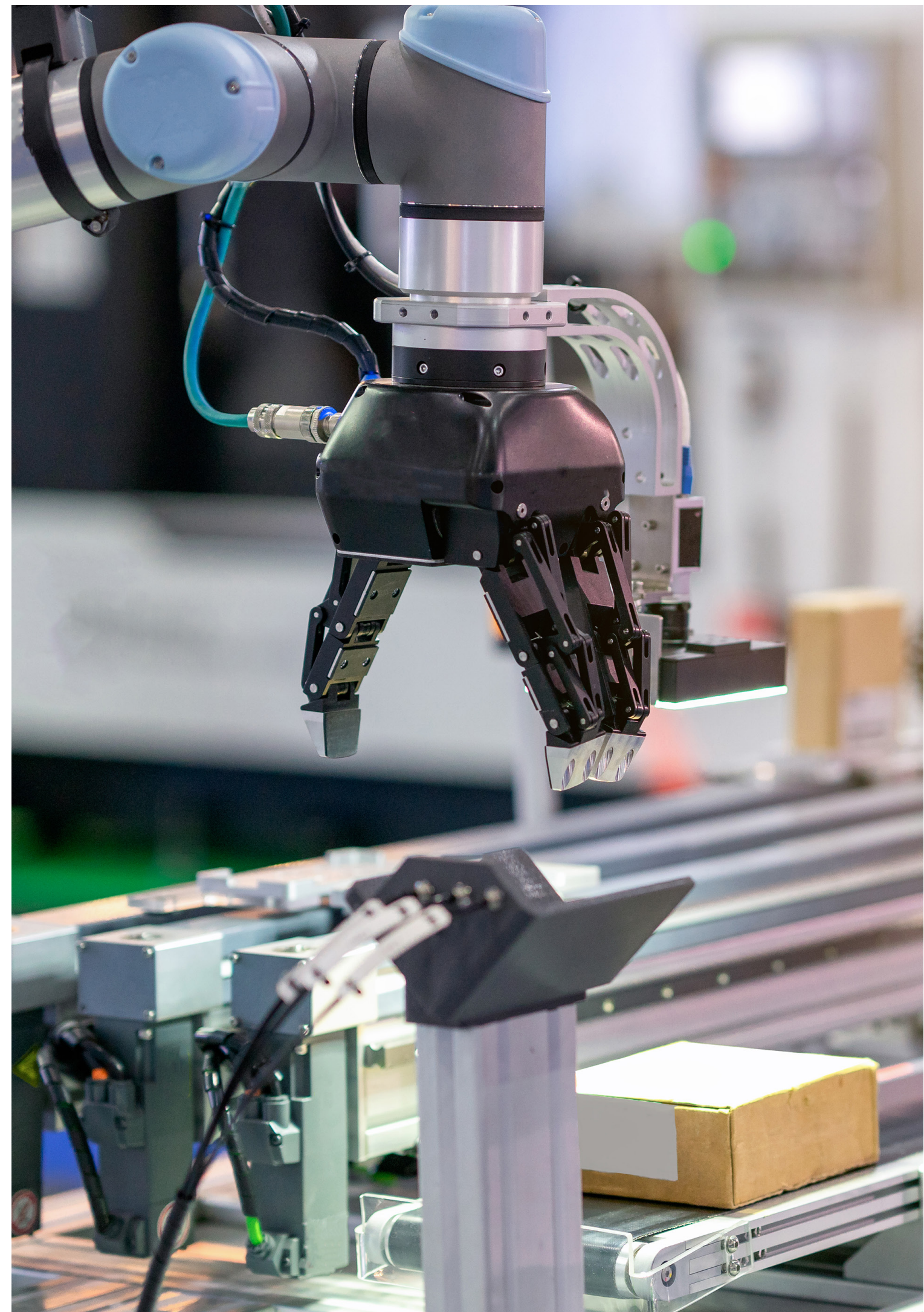
återvinnas. Detta är inte enbart på grund av regleringar eller ur ett konkurrensperspektiv, men också på



grund av begränsningarna i tillgång av primärmetaller (och den ekonomiska lönsamheten att utvinna dessa mineraler) i kombination med behovet av råmaterial för nya batterier. Trots vikten av att skapa ett cirkulärt materialflöde finns det helt enkelt inte tillräckligt med sekundära material för att tillgodose den snabbt växande efterfrågan på batterier. Även om EU har satt upp som mål att skapa en obruten europeisk värdekedja för batterier senast 2025 är vi för närvarande starkt beroende av import av primära material. Därför måste vi både utveckla gruvindustrin och öka användningen av sekundära material. Det kan tyckas kontrainuitivt - men att hantera denna tvåhändighet kommer att vara avgörande för framgången och omfattningen av den hållbara batterivärdekedjan.

Om detta inte adresseras på rätt sätt kan vi misslyckas med att förse industrin med batterier för att möjliggöra den fossilfria övergången till ett nettonoll-samhälle. Den stigande

efterfrågan på litium beräknas till exempel överstiga de nuvarande kända reserverna år 2050 [28]. Ett batteris kapacitet och prestanda minskar över tid, där batteriets livslängd beror på sin kemiska sammansättning och användarmönster. När ett batteri anses förbrukat för sin primära tillämpning har det ofta kapacitet kvar som skulle kunna användas för andra ändamål [29]. Vid detta tillfälle bör det övervägas om batteriet ska ersättas eller om det ska återvinnas eller återanvändas i andra tekniska lösningar. Även om en bils räckvidd reduceras avsevärt när batteriet betraktas som uttjänt kan batteriet fortfarande ha tillräcklig kapacitet för mindre krävande teknologier där ration mellan kapacitet och vikt spelar mindre roll, som till exempel vid stationär lagring [29].



3.4. Konkurrensfördelar

För att förstå hur Sverige kan utveckla en konkurrenskraftig batterivärdekedja är det viktigt att ha förståelse för vad som bidrar till konkurrenskraft. Hur mätningar av konkurrenskraft och strategiutveckling genomförs är således en viktig fråga för beslutsfattare. Trots flertalet försök att tillhandahålla objektivitet i utvecklingen av mått för nationell konkurrenskraft finns det oundvikliga subjektiva bedömningar som exempelvis hur data aggregeras, definieras och viktas. Hur och under vilka förutsättningar utvecklas och upprätthålls en konkurrensfördel? Vilken roll spelar offentliga institutioner och vilka åtgärder främjar eller hindrar i slutändan företagets internationella konkurrenskraft?

Konkurrenskraftiga företag. För företag är forskare överlag överens om de underliggande teorierna gällande prestationsförmåga och konkurrenskraft. Med utgångspunkt i litteratur för strategisk ledning ses företagets konkurrenskraft som en kombination av de resurser² de besitter och deras förmåga³ att utnyttja dessa resurser på ett effektivt och dynamiskt sätt. Företagets resurser och förmågor bör vara värdefulla, sällsynta, svårkopierade och icke-ersättningsbara. De bör också vara dynamiska och stödja företagets förmåga att skapa, förfina, implementera och transformera sin affärsmodell. Detta inkluderar att underbygga organisatoriska strukturer och ledningsförmåga för att stödja företaget i att bygga, integrera och ställa

om interna kompetenser för att hantera, eller i vissa fall åstadkomma, förändringar i kontexten företaget agerar i. De flesta av de resurser som ett företag behöver använda för att få en konkurrensfördel måste förr eller senare förvärfvas externt. Således beror ett företags förmåga att överleva och ha en varaktig konkurrensfördel på globala marknader också på effektiviteten hos offentliga institutioner, hur framstående utbildnings-, hälso- och kommunikationsinfrastrukturer och miljöer är, såväl som på den politiska och ekonomiska stabiliteten i hemlandet [30].

Konkurrenskraftiga länder. På nationellnivå finns det två läror om nationers konkurrenskraft: handel (ekonomiskt perspektiv) och internationell konkurrens (ledningsperspektiv) [31]. Länders internationella konkurrenskraft är ett ständigt huvudbry för regeringar och har väckt stor debatt bland forskare inom akademien. Anledningen till debatten härrör från det implicita grundantagandet i ledningsteorier att företags konkurrenskraft kan utvidgas till länders konkurrenskraft – en tanke som ökat i popularitet till följd av Porters arbete [32] men inte stöds av det ekonomiska handelsperspektivet. Medan det ekonomiska perspektivet för handel är användbart inom dess gränser, ses ledningsperspektivet i Porters arbete som det mest användbara ramverket för denna studie. Anledningen är att detta tillhandahåller ett ramverk för att identifiera ett lands konkurrensfördelar som sedan före-

tag kan utnyttja för att förbättra sin konkurrenskraft och positionering internationellt. Ramverket kan således hjälpa intressenter att fatta välgrundade beslut om hur de ska forma batteriets värdekedja och vilka aspekter de ska fokusera på. Ramverket bör dock inte användas för att utforma handelspolitik i syfte att stärka den internationella konkurrenskraften.

Enligt Porter är konkurrensfördelar baserade på ett lands produktivitet, eller värdet av produktionen som produceras per kapital. Porter hävdar att varje företags förmåga att konkurrera på globala marknader är baserad på en sammanhängande uppsättning (nationella) fördelar som vissa industrier i olika länder har, nämligen:

- **Faktorförhållanden**
- **Efterfrågeförhållanden**
- **Närliggande och stödjande branscher**
- **Företagsstrategi, struktur och rivalitet**

Faktorförhållanden. Faktorförhållanden syftar vanligtvis till ett lands natur-, kapital- och mänskliga resurser. Det är viktigt att förstå att man med mänskliga resurser hänvisar till de skapade förutsättningarna som uppstår av kvalificerad arbetskraft, bra infrastruktur och en vetenskaplig kunskapsbas. Till skillnad från de naturliga förutsättningar som redan finns är det absolut nödvändigt att dessa skapade förutsättningar kontinuerligt uppgraderas genom utveckling av förmågor,

kompetens och kunskap. Som ett resultat härrör konkurrensfördelen från närvaron av både forskningsinstitutioner i världsklass och kunskapsintensiva industrier som först skapar specialiserade faktorer och sedan kontinuerligt arbetar med att vidareutveckla dem. För att möjliggöra detta krävs långsiktiga och tunga investeringar.

Efterfrågeförhållanden. Efterfrågan på hemmaplan påverkar till stor del hur gynnsam och lukrativ en industri är i ett land. En stor marknad innebär fler utmaningar och konkurrens, men skapar också incitament för företag att växa. Emellertid är den primärt avgörande faktorn för efterfrågeförhållandena typen av efterfrågan – inte storleken på efterfrågan. Närvaron av sofistikerade och krävande lokala kunder driver företag att förnya sig, förbättra kvaliteten och kontinuerligt arbeta med kompetensutveckling. Att sträva efter att tillfredsställa en krävande inhemsk marknad driver företag att ta sig till nya höjder och möjligheten att få tidiga insikter om framtida behov hos nya kunder över landsgränserna ökar – därmed skapas konkurrensfördelar.

² Organisatoriska resurser definieras som lager av omsättbara och ospecifika tillgångar i företaget och kan vara både materiella och immateriella. Materiella tillgångar är fysiska saker som mark, byggnader, maskiner, utrustning och kapital. Immateriella tillgångar är allt annat som inte har någon fysisk närvaro, såsom varumärkesrykte, varumärken och immateriella rättigheter.

³ Organisatoriska förmågor definieras som ett företags specifika och icke säljbara förmåga att distribuera sådana resurser, genom organisatoriska processer, för att påverka ett önskat mål.

Närliggande och stödjande

branscher. Alla företag ingår i en värdekedja och är beroende av allianser och partnerskap med andra företag. Närhet till uppströmsleverantörer ger ofta mer kostnadseffektiva insatser. De kan ofta dra nytta av korta kommunikationsled med snabba och kontinuerliga informationsflöden och pågående utbyte av idéer och innovationer. Med väl sammankopplade företag (t.ex. industrikluster) kan FoU-praxis och tester hjälpa till att stimulera innovation.

Företagsstrategi, struktur och rivalitet.

Den nationella miljön som företag verkar i avgör till stor del hur de skapas, organiseras och styrs. Ett företags strategi och struktur måste vara i linje med arbetssätten i landet. Inhemsk konkurrens driver företag att förnya sig och bygga mer hållbara styrkor och förmågor. Att ha flera företag som arbetar i samma bransch är därför avgörande för internationell konkurrenskraft, eftersom det tvingar företag att utveckla unika fördelar [33].

Ovan beskrivs några grundläggande principer som den svenska regeringen bör ha i åtanke för att på bästa sätt främja en konkurrenskraftig batterivärdekedja. Regeringen kan inte på egenhand skapa konkurrenskraftiga industrier, bara företag kan göra det.

Regeringen kan dock både vara en katalysator och en utmanare som uppmuntrar och driver företag att höja sina ambitioner om internationell konkurrenskraft. Detta kan göras genom att fokusera på riktade åtgärder för var och en av de fyra ovan nämnda faktorerna. Till exempel genom att stimulera tidig efterfrågan på den inhemska marknaden och faktorförhållanden för avancerade produkter. Norges elbilspolitik är ett bra exempel på detta där riktade incitament, skattelättnader, offentliga upphandlingar och utveckling av laddinfrastruktur har resulterat i att elbilar står för över 80 % av alla nya personbilar som säljs 2022. Investeringar i forskningscentra och utbildningssystemet är ett annat viktigt område för statliga ingripanden. Batteriets värdekedja ses som en kunskapsintensiv bransch, i stort behov av en mycket kompetent och erfaren arbetskraft. Sverige har världsledande forskning vid till exempel Ångströms Advanced Battery Center (ÅABC), som ska bidra till att stärka branschens position.



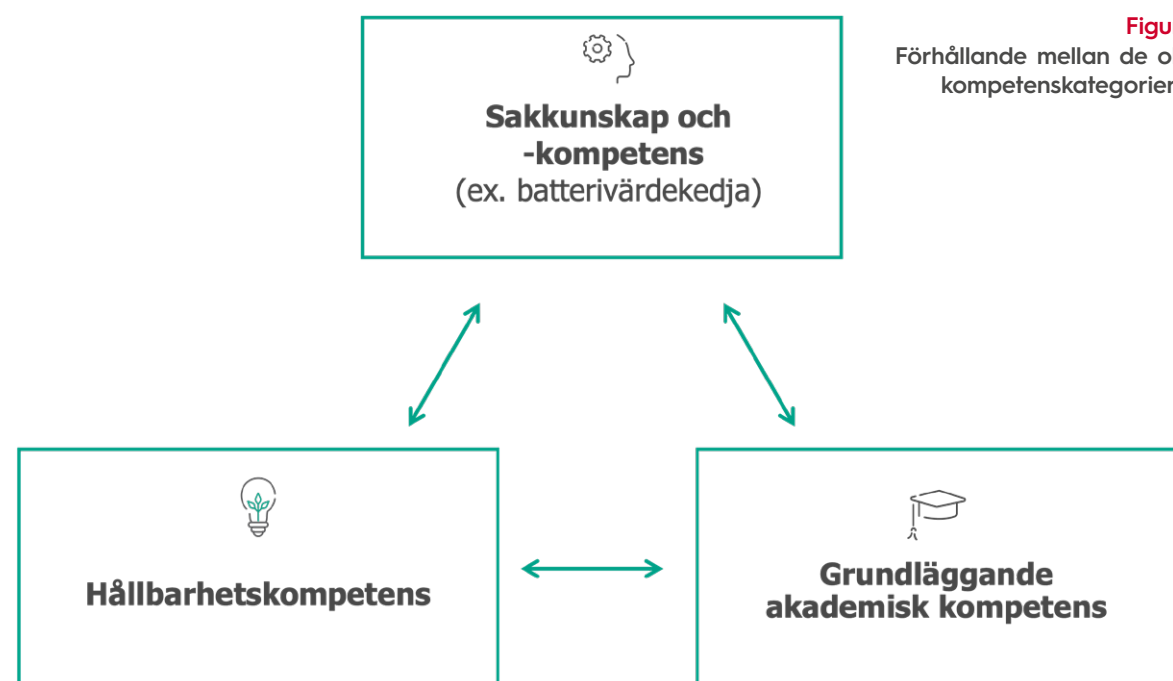


4. Kompetenser och färdigheter för en hållbar batterivärdekedja

4.1. Generiska kompetensbehov för hållbarhet

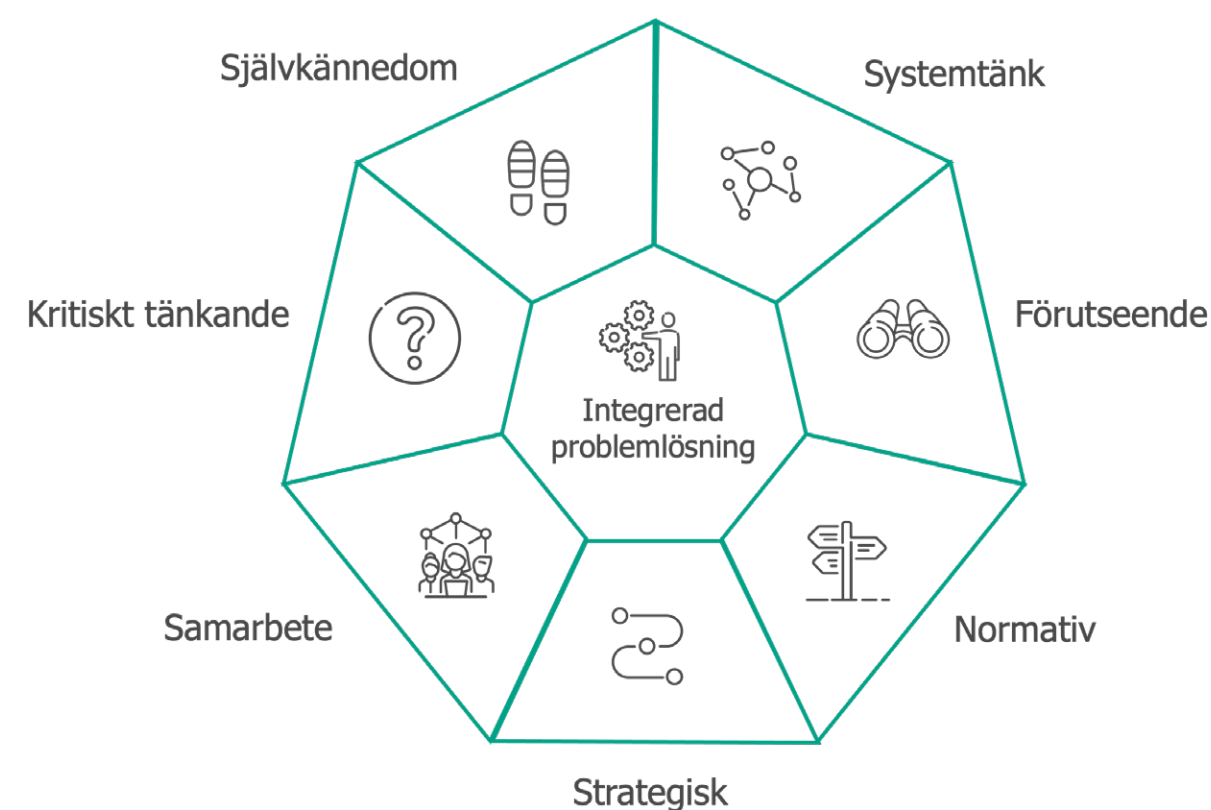
Europa kommer bara bli en klimat-neutral kontinent, ett resurseffektivt samhälle och en cirkulär ekonomi genom en informerad befolkning och en arbetskraft som förstår och vet hur man tänker och handlar hållbart [34]. Trots att kompetens inom hållbarhet har varit ett väldebatterat område i många år har vi ännu inte en etablerad referensram att utgå från.

Den referensram som oftast citeras är den av Wiek m.fl. [35]. I den här studien använder vi en uppdaterad version av detta ramverk av Brundijs m.fl. [36], för att illustrera förhållandet mellan grundläggande akademisk kompetens, hållbarhetskompetens och sakkunskap (i det här fallet sakkunskap i batterivärdekedjan), se Figur 4.



I tillägg har Förenta nationerna genom UNESCO (The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) identifierat åtta nyckelkompetenser för hållbarhet. Kompetenserna är tvärgående och multifunktionella och

kan ses som en grund, eller byggsstenar, för kompetenser specifika för en industri och/eller disciplin [37]. Se Figur 5 för en översikt över UNESCO:s åtta nyckelkompetenser, och Bilaga B för definitioner av respektive kompetens.



Figur 5.
UNESCO:s nyckelkompetenser för hållbarhet (bild från [38]).

4.2. Generella och specifika färdigheter för en hållbar batterivärdekedja

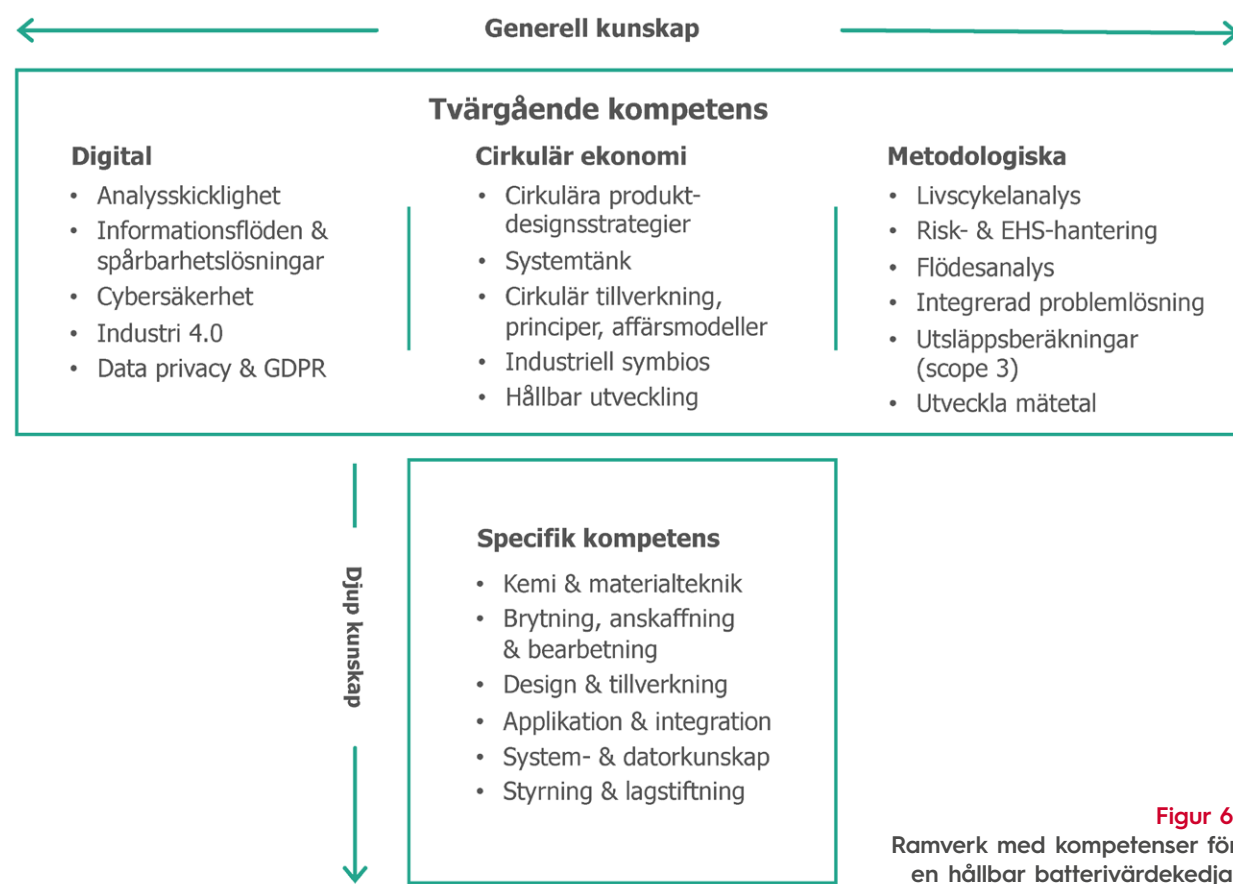
I denna studie har vi använt tidigare nämnda ramverk och kompetenser som teoretiskt underlag för att identifiera och kartlägga de färdigheter och kompetenser som är relevanta för den hållbara batterivärdekedjan. Vi har specifikt fokuserat på "Sakkunskap och -kompetens" och "Hållbarhetskompetens" och utvalda kompetenser bland UNESCO:s nyckelkompetenser.

Med det som grund föreslår vi ett universellt kompetensramverk för den hållbara batterivärdekedjan, se Figur 6. Ramverket är en syntes av resultat från både litteraturstudien och enkäten, Ramverket bygger på konceptet för en T-formad struktur för färdigheter, och syftar till att förbättra förståelsen för hur specialist- och generalistfärdigheter kan kombineras i en alltmer tvärdisciplinär arbetsmarknad [39]. Ramverket värdesätter kombinationen av att ha kunskaper och färdigheter som klassas både som specialist- och generalistkompetenser. Den horisontella delen av T:et representerar breda och generella färdigheter och kunskaper medan den vertikala delen representerar djupare, mer specifika, färdigheter och kunskaper. Sammantaget beskrivs en djupare specialistexpertis inom en individs primära område som kombineras med generella kunskaper och förmågan att arbeta och samarbeta mellan olika discipliner. Tillvägagångssättet härrör ur det ökade behovet för tvärdisciplinära samarbeten för att lösa komplexa samhällsfrågor [40].



Ramverket introducerar en uppsättning av tvärgående och specifika färdigheter som är viktiga i skapandet av en hållbar batterivärdekedja, vilken ämnar vara i linje med de föreslagna kraven i EU:s nya batteriförordning (2020/0353 (COD)). Ramverket täcker både anställdas behov av en djupgående expertis i specifika steg i batterivärdekedjan, likväl som den holistiska förståelsen för hela värdekedjan som behövs för att kunna arbeta med andra aktörer och över olika discipliner. Även om de tvärgående färdigheterna (hädanefter refererat till generella färdigheter/kompetenser) fångar merparten av de generella kunskapsområdena så behöver de kombineras med mer djupgående kunskap och specifika färdigheter, inom relevanta discipliner, för att kunna operationaliseras.





5. Kompetensbehov inom den hållbara batterivärdekedjan

Det här kapitlet presenterar resultat från den enkät som skickats ut till experter inom den svenska batterivärdekedjan. För en översikt av respondenterna, se Metod. Enkäten var utformad för att kartlägga kompetensbehov och krav från branschen, men undersöker inte kapacitetsbehovet. Resultaten är strukturerade i enlighet med kompetensramverket som present-

erats i föregående kapitel, se Figur 6. Ramverk med kompetenser för en hållbar batterivärdekedja. Till att börja med presenteras en översikt av alla generella/tvärgående kompetenser följt av en genomgång av respektive kategori. Därefter visas en översikt av samtliga specifika kompetenser som kräver djupgående kunskap följt av en genomgång av respektive kategori.

Respondenter av enkäten ombads att rangordna betydelsen av olika typer av kompetenser för den hållbara batterivärdekedjan. För att analysera resultaten användes weighted point method med följande vikter:

- 1 = Inte viktigt
- 2 = Lite viktigt
- 3 = Måttligt viktigt
- 4 = Viktigt
- 5 = Mycket viktigt

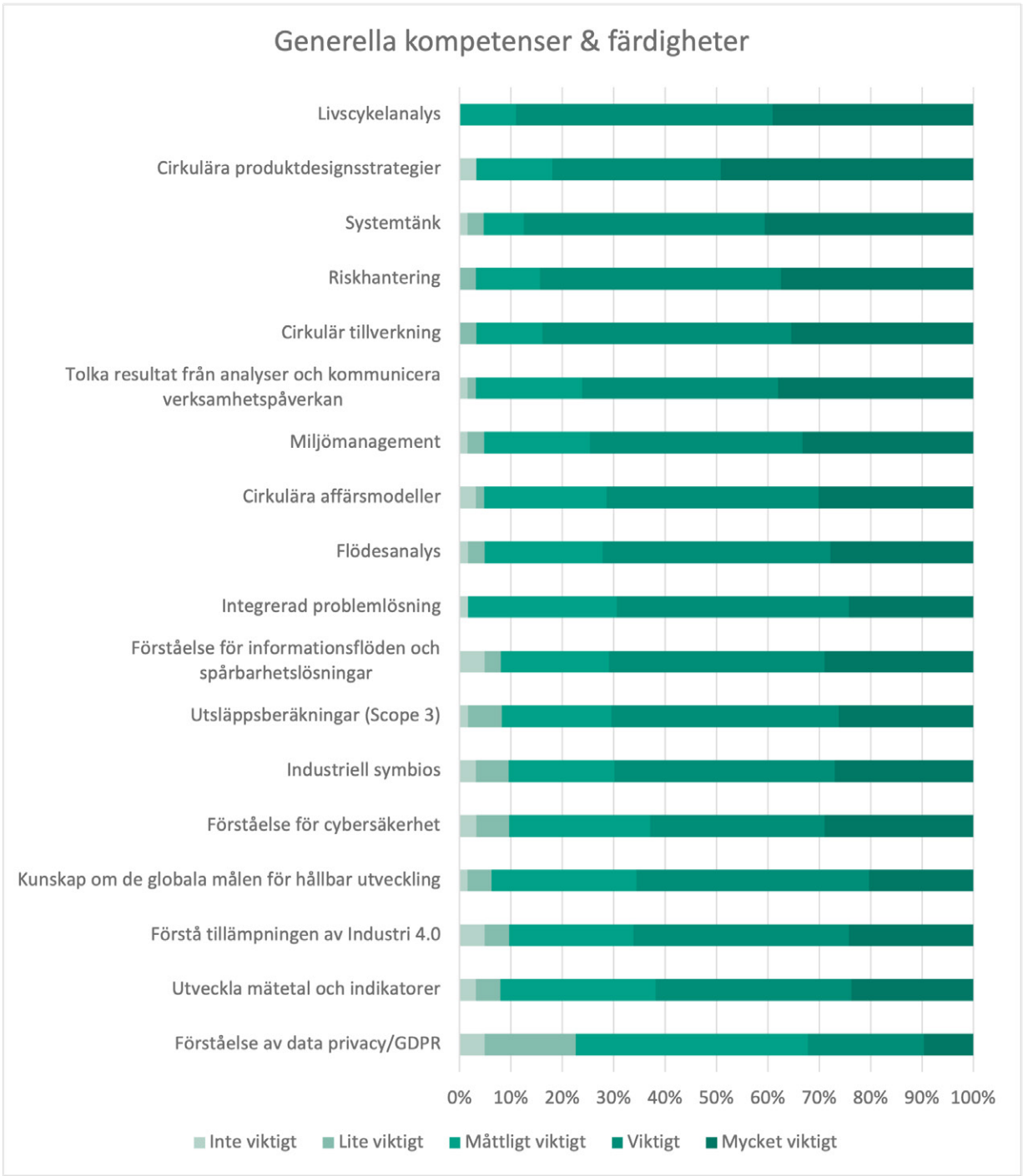
Innan respondenterna fick möjlighet att se respektive kompetens och kategori, fick de svara på frågan *”Vilka strategiska & kritiska kompetenser tror du saknas för att möjliggöra en hållbar batterivärdekedja i Sverige?”*. Det här gjordes av två anledningar. För det första, för att undvika svarsbias i urvalet. För det andra, för att inte begränsa svaren till de förbestämda kompetenser och kommentarer som fanns med genomgående i enkätens fritextutor. För att analysera öppna frågor användes open coding scheme av Yin [41] där teman och koncept kodats i enlighet med kompetenserna i de specifika och generella kategorierna. De kodade svaren utgjorde 73% av samtliga påståenden från enkäten, vilket betydde att vi hade god täckning av de kompetens-kategorier som presenterats i det ovan nämnda ramverket, se Figur 6.

De kompetenser som respondenterna såg som strategiska/kritiska och som inte hade en direkt koppling till en specifik kod eller ett specifikt påstående som inkluderades i enkäten var kunskap om; hela batterivärdekedjan (12)⁴, industriella processer (9), celltillverkning (8), praktisk erfarenhet (6), energilagring (5), aktiva material (5), framtida batteriteknologier (3), grundläggande STEM/batteriutbildning (2), laddinfrastruktur (2), elektrisk drivlina (2), hållbar kemi (2), kontroll av komplexa system (1). Behovet av att medarbetarna besitter kunskap om hela batterivärdekedjan var något som lyftes fram av flera respondenter. Detta understryker vikten av generell kompetens och behovet av att medarbetarna bygger en helhetsförståelse för hela värdekedjan i samband med sina respektive discipliner och specifika kompetenser.



⁴ Antal gånger som en kompetens lyftes fram visas som siffra inom parentes.

5.1. Generell kompetens för batterier



Figur 7.
Betydelsen av olika typer av generella kompetenser & färdigheter baserat på svar från enkäten.

Övergripande visar resultat att generell kompetens om *livscykelanalys*, *cirkulära produktdesignstrategier* och *systemtänk* är viktigast att utveckla. Den generella kompetensen *livscykelanalys* fick 4,28 poäng och därmed högst genomsnittlig ranking, tätt följt av *cirkulära produktdesignstrategier* med 4,25 poäng och *systemtänk* med 4,22 poäng. I andra änden av spektrumet, de som ansågs vara de minst viktiga kompetenserna att utveckla var *förståelse för data privacy/GDPR* med 3,15 poäng och *utveckla mätetal och indikatorer* med 3,75 poäng. Trots att *förståelse för data privacy/GDPR* sticker ut med ett lägre genomsnitt, anses det ändå vara måttligt viktigt.

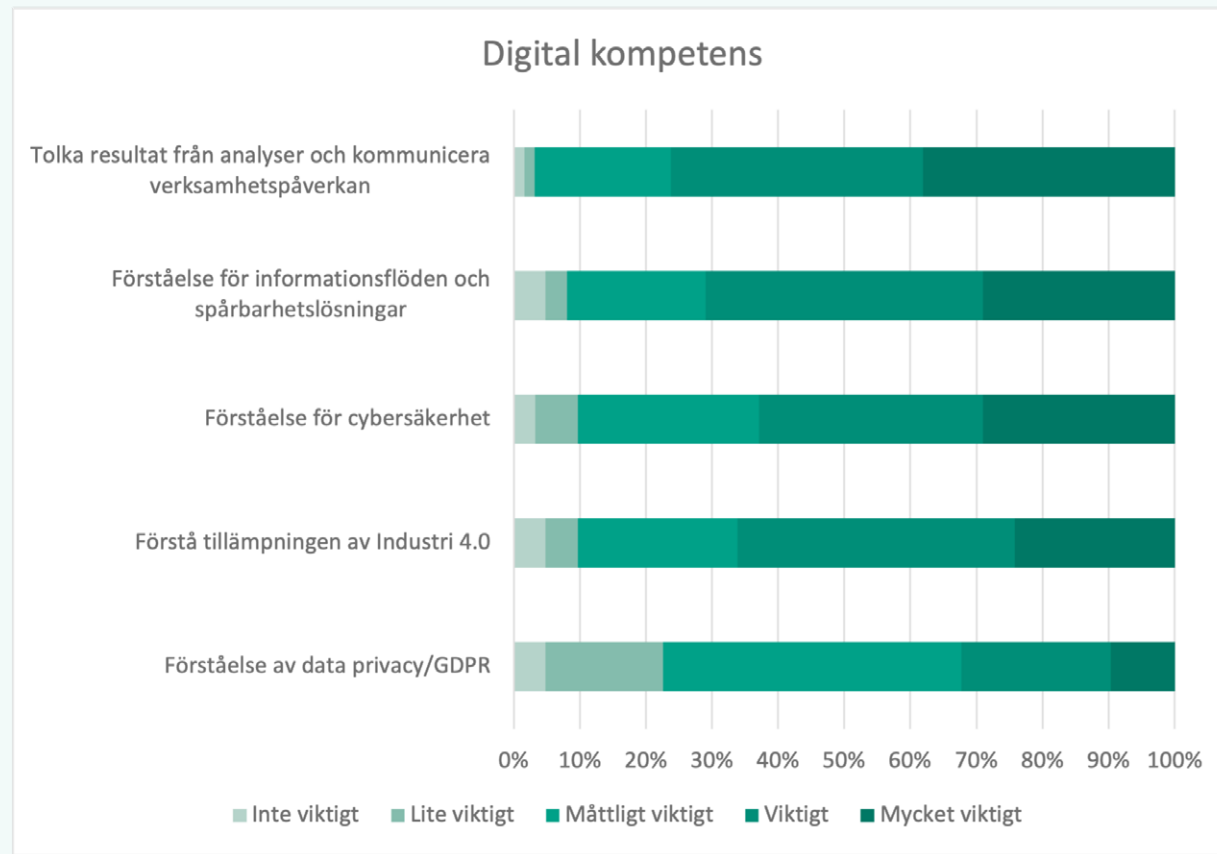


När vi tittar på de olika övergripande kategorierna blev den genomsnittliga poängen för *metodologiska färdigheter* och *cirkulär ekonomi* 4,00 och för *digital kompetens* blev poängen 3,73. Resultat för varje kategori presenteras i detalj i följande underkapitel.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- De viktigaste generella kompetenserna att utveckla är *livscykelanalys*, *cirkulära produktdesignstrategier* och *systemtänk*.
- Den minst viktiga generella kompetensen att utveckla är *förståelse för data privacy/GDPR*.

5.1.1. Digital kompetens



Figur 8.
Betydelsen av olika typer av digital kompetens för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

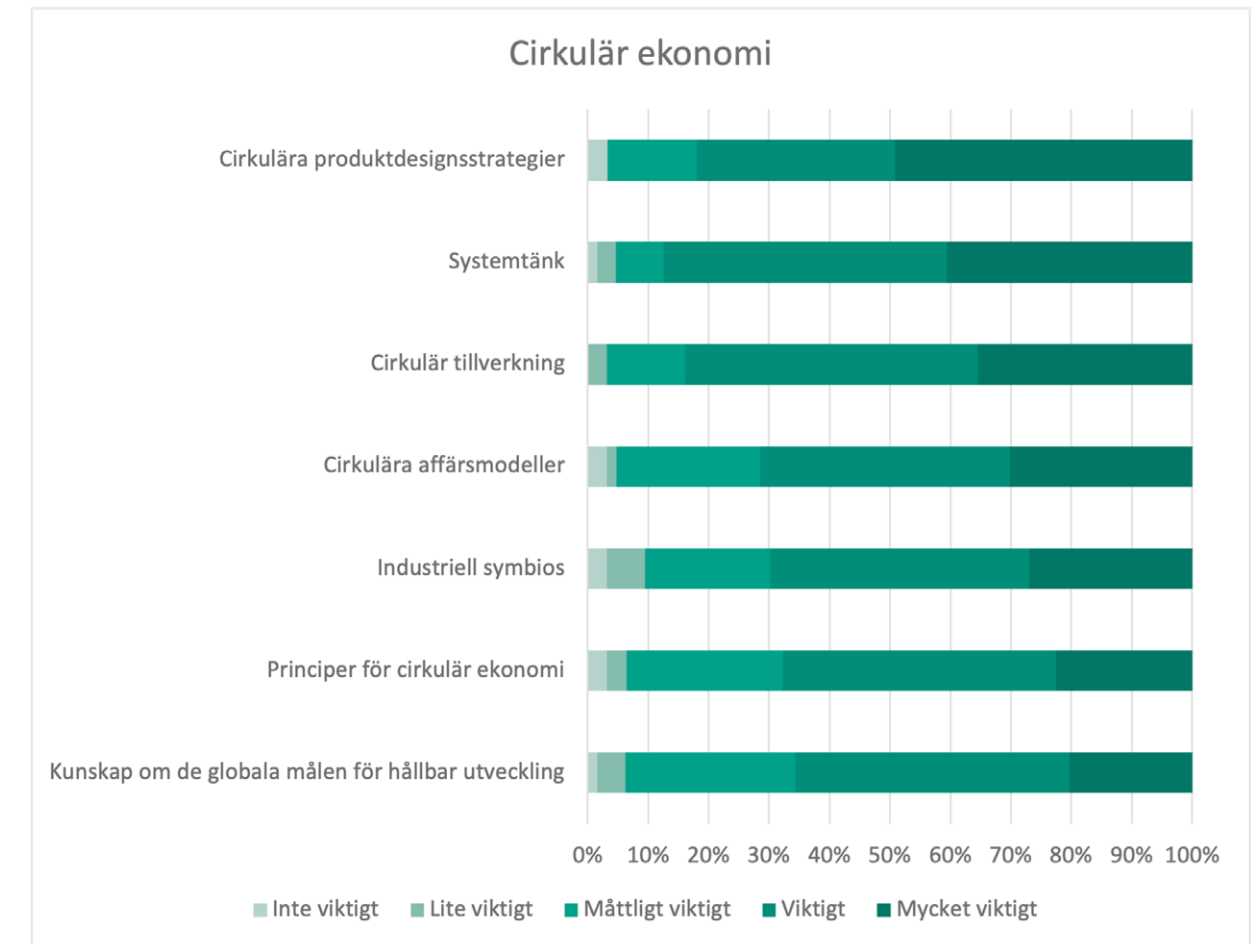
IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- Att kunna **tolka resultat från analyser och kommunicera verksamhetspåverkan** ses (också kallat analysskicklighet) som den viktigaste digitala kompetensen.
- **Förståelse av data privacy/GDPR** anses vara den minst viktiga inom digital kompetens.

ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL KOPPLAT TILL DIGITAL KOMPETENS VAR:

- Förståelse för system-av-system.
- Kunskap om människa-datorintegration.
- Förståelse för datalagring och datautvinning.
- Digital kompetens måste kombineras med annan kompetens.

5.1.2. Cirkulär ekonomi



Figur 9.
Betydelsen av olika kompetenser inom cirkulär ekonomi för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

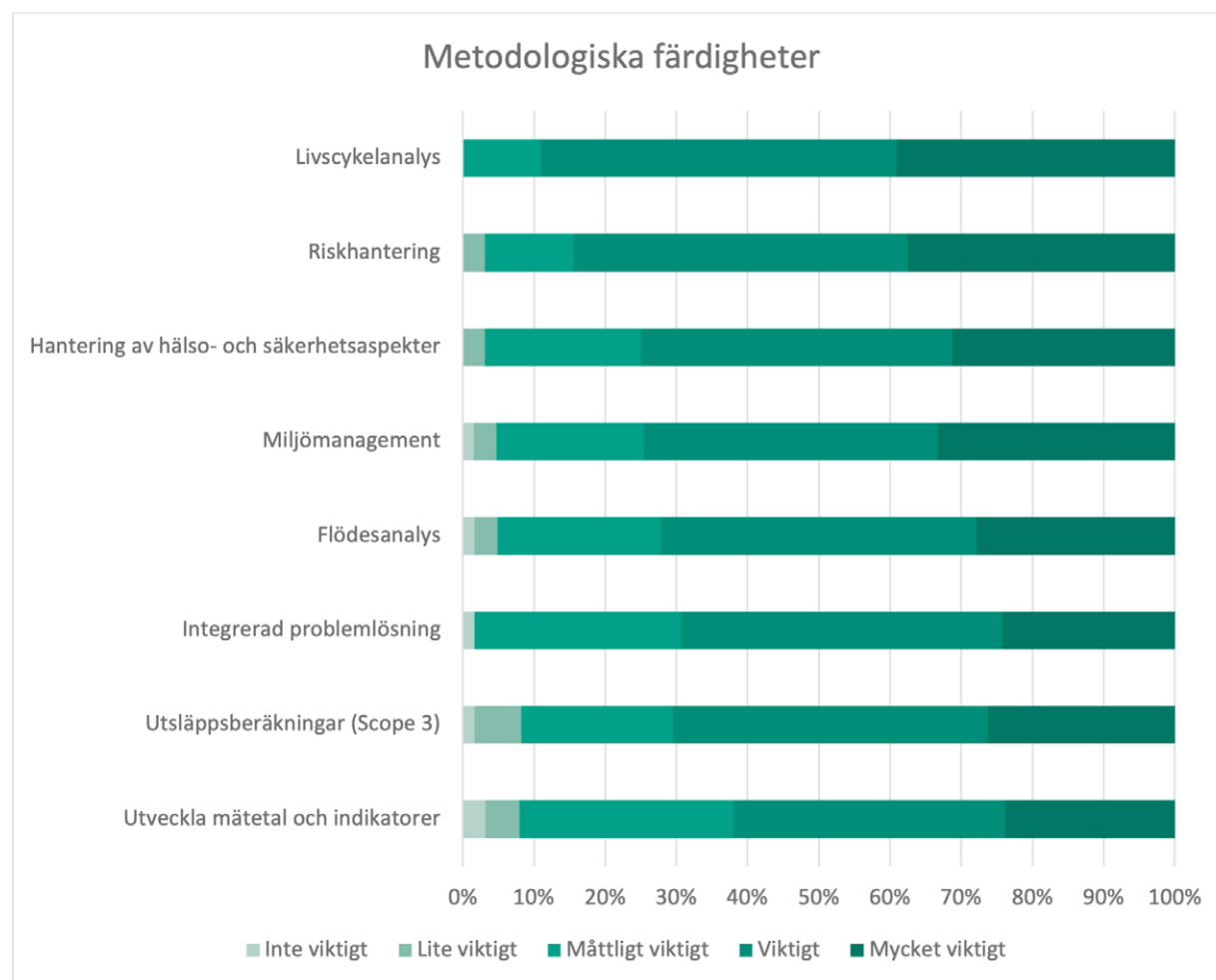
IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- **Cirkulära produktdesignstrategier** ses som den viktigaste kompetensen.
- **Kunskap om de globala målen för hållbar utveckling** anses vara den minst viktiga kompetensen.

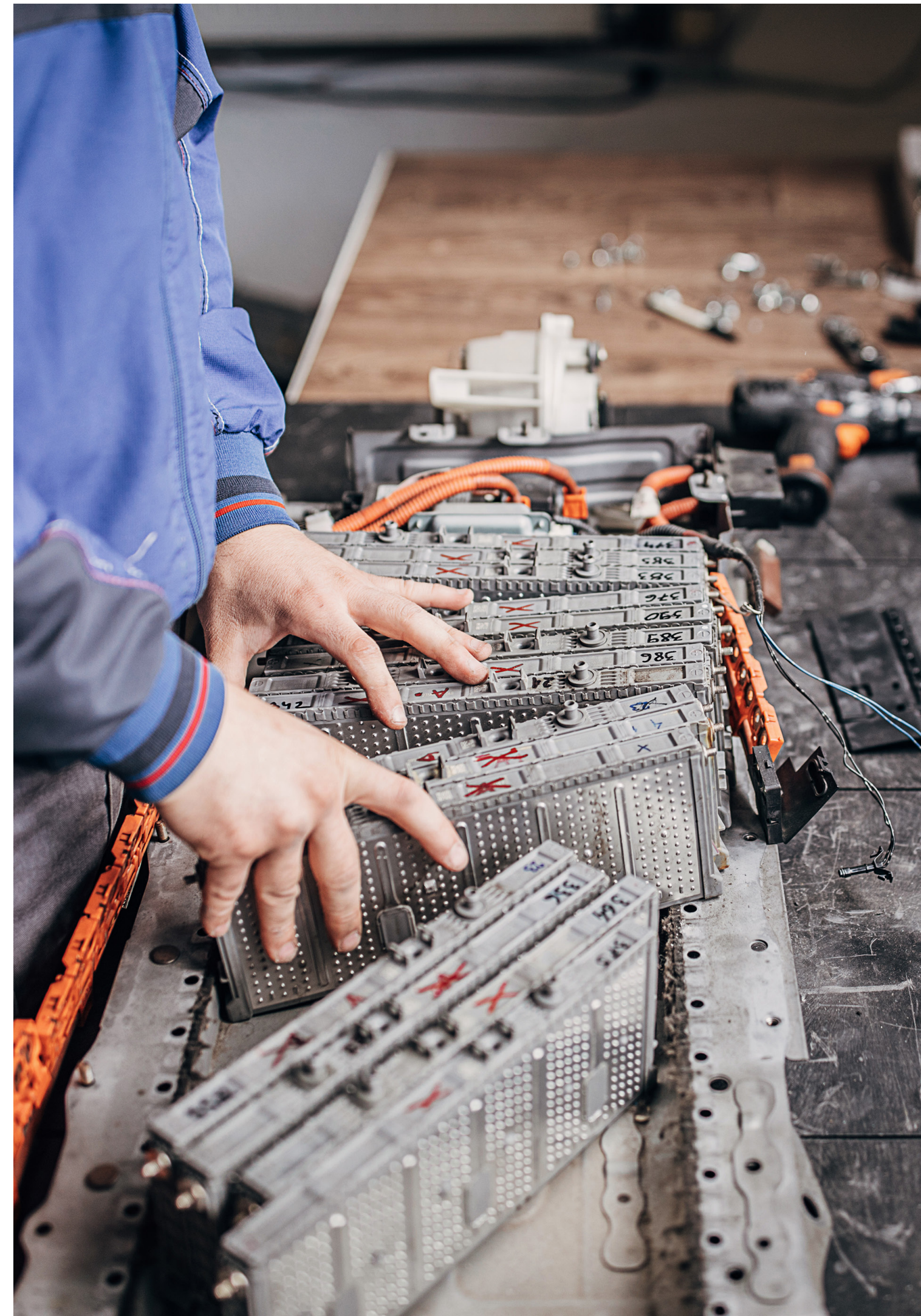
ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL KOPPLAT TILL CIRKULÄR EKONOMI VAR:

- Förståelse för cirkulär demontering.
- Förståelse för att affärsmodeller kommer att förändras och vikten av optimering över hela batterivärdekedjan.
- Förståelse för hur ekonomiska system och modeller kommer att förändras och hur man gör kostnadsberäkningar baserat på cirkulära affärsmodeller.
- Utvärdering av företag som använder cirkulära affärsmodeller.

5.1.3. Metodologiska färdigheter



Figur 10.
Betydelsen av olika metodologiska färdigheter för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.



IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- *Livscykelanalys* ses som den viktigaste metoden.
- *Utveckla mätetal och indikatorer* ses som den minst viktiga metoden.

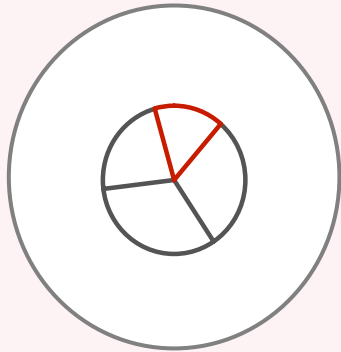
ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL KOPPLAT TILL METODER VAR:

- Förståelse för metodiken designtänkande.
- Betydelsen av att förstå metodiken kring livscykelanalys eftersom beräkningar och modeller ofta är förenklade och visar stor variation.

5.2. Specifika kompetenser & färdigheter för batterier

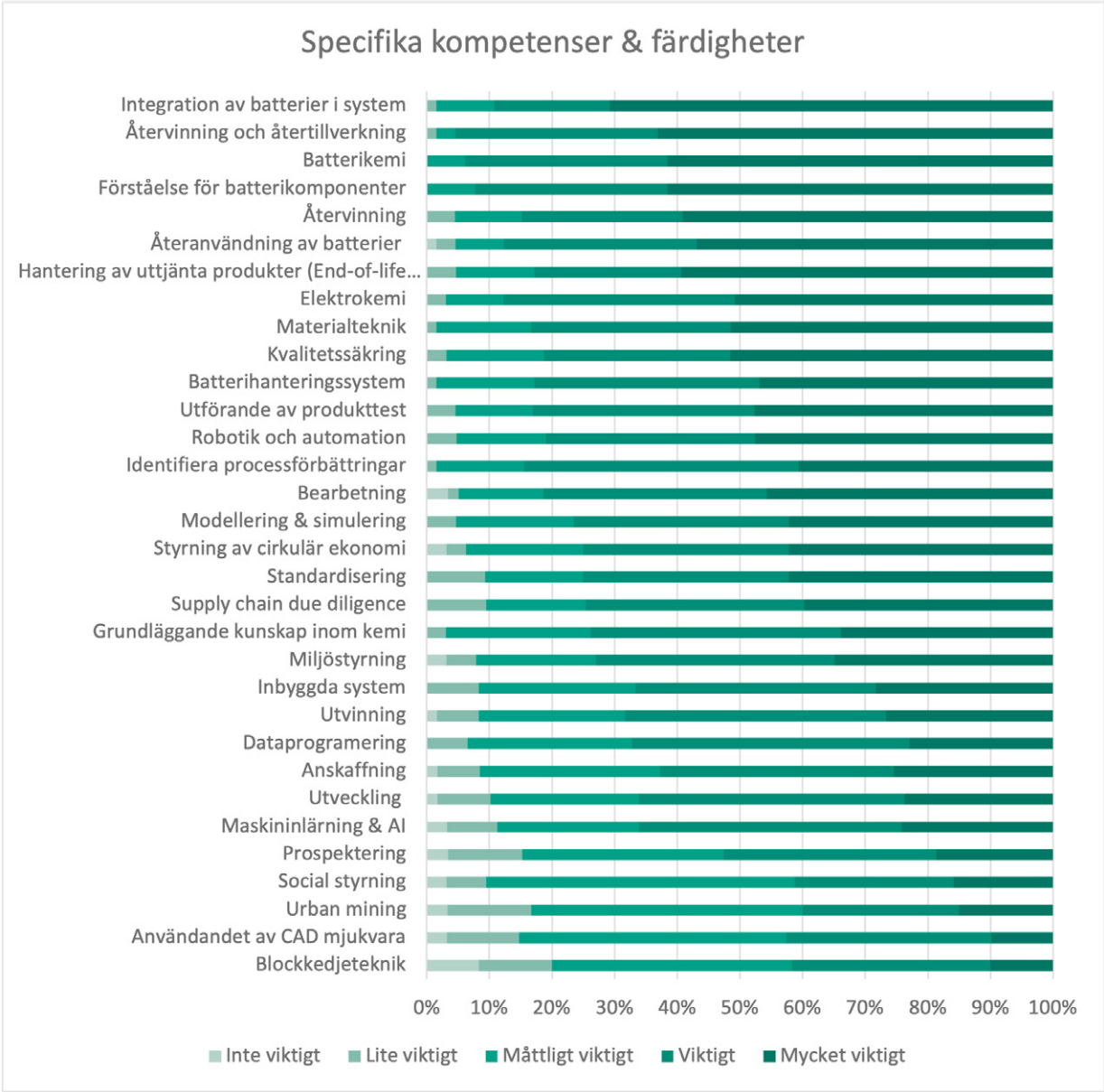
5.2.1. Översikt av alla specifika kompetenser & färdigheter för batterier

Även om de specifika kompetenserna behövs för att verka i hela batterivärdekedjan, bör det betonas att nedanstående kompetenser primärt är relevanta på kort sikt och kommer sannolikt att förändras över tid. Övergripande så ser vi att specifik kompetens om *integration av batterier i system, återvinning och återtillverkning* samt *batterikemi* är de viktigaste kompetenserna att utveckla. Den specifika kompetensen *integration av batterier i system* med högst genomsnittlig ranking hade 4,58 poäng. Det betyder att det är den viktigaste kompetensen (både generell och specifik) som behövs för en hållbar batterivärdekedja för svarsalternativen som inkluderats i enkäten. Kompetenserna *återvinning och återtillverkning, batterikemi och förståelse för batterikomponenter* låg alla tätt bakom med genomsnittliga resultat mellan 4,53 och 4,57. På andra sidan av spektrumet ansågs *blockkedje-*



teknik (3,23), *användandet av CAD mjukvara* (3,34) och *urban mining* (3,35) vara de minst viktiga kompetenserna att utveckla.

För de specifika kategorierna såg genomsnittliga resultat ut enligt följande: applikation & integration (4,47); kemi & materialteknik (4,34); design & tillverkning (4,32); styrning & lagstiftning (3,92); system- & datorkunskap (3,78); brytning, anskaffning & bearbetning (3,75). Resultat för varje kategori kommer att presenteras i detalj i följande delkapitel.

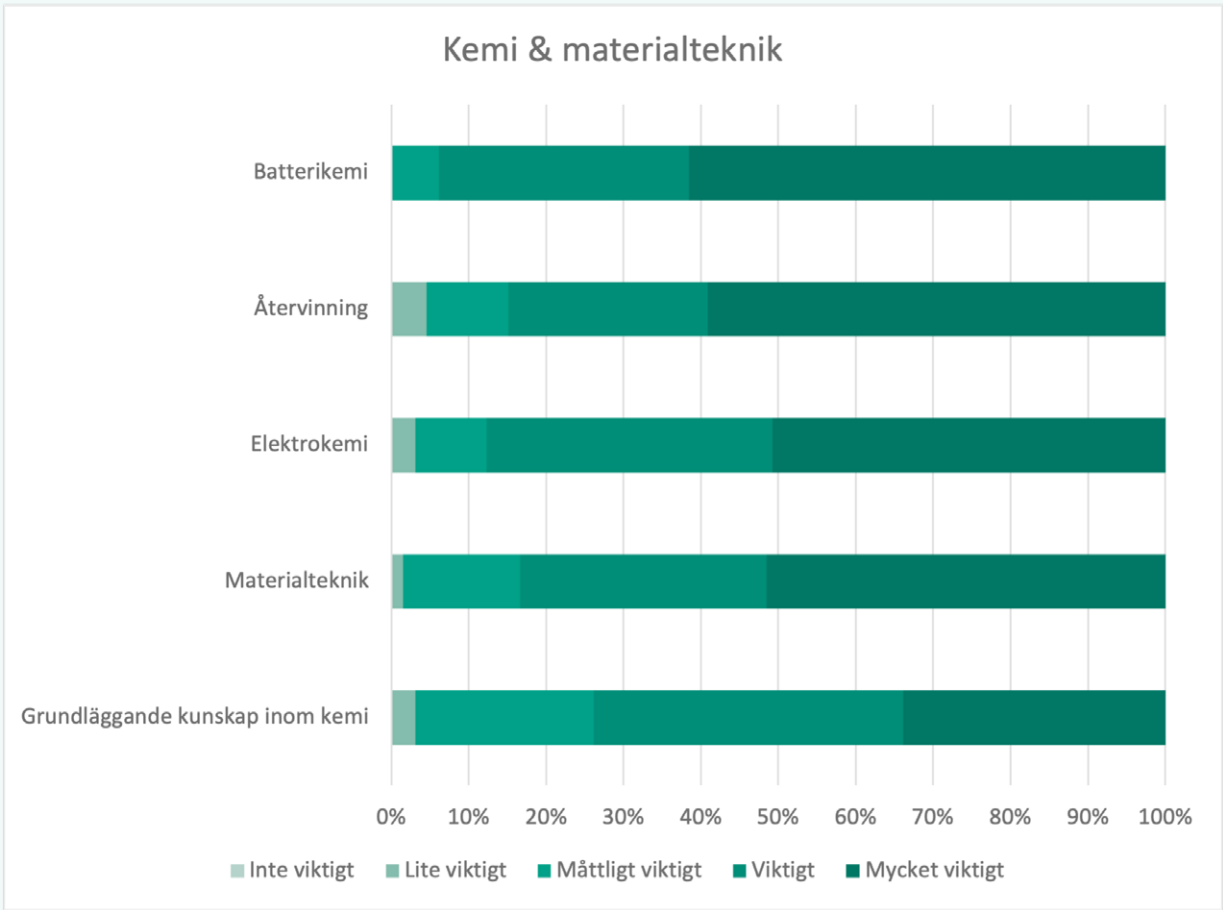


Figur 11. Betydelsen av olika specifika kompetenser & färdigheter för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- De fyra kompetenserna *integration av batterier i system, återvinning och återtillverkning, batterikemi* och *förståelse för batterikomponenter* är de viktigaste specifika kompetenserna att utveckla.
- *Blockkedjeteknik, användandet av CAD mjukvara* och *urban mining* anses vara de minst viktiga specifika kompetenserna att utveckla.

5.2.2. Kemi & Materialteknik



Figur 12.
Betydelsen av olika kompetens inom kemi & materialteknik för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

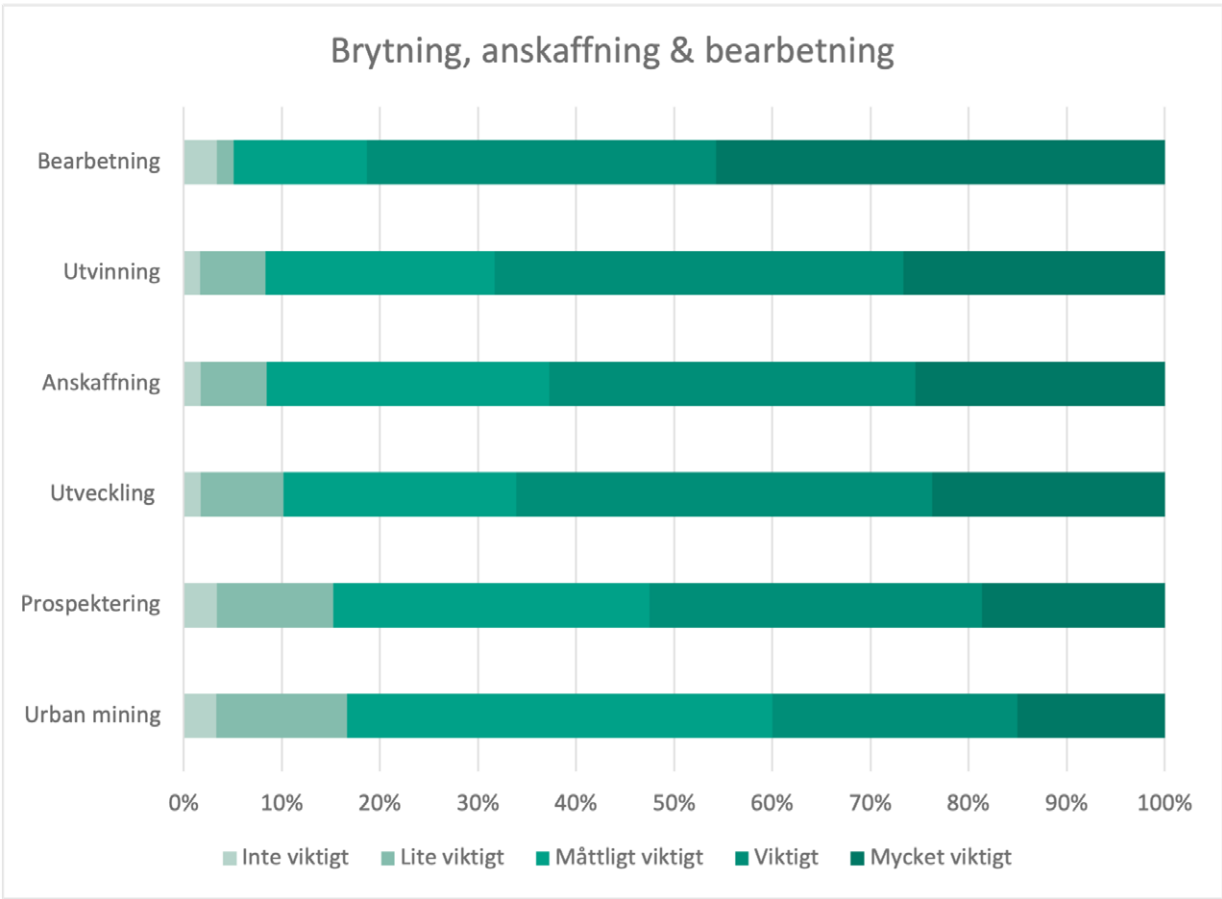
IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- **Batterikemi** anses vara den viktigaste kompetensen att utveckla
- **Grundläggande kunskap inom kemi** anses som den minst viktiga kompetensen att utveckla.

ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL KOPPLAT TILL KEMI & MATERIALTEKNIK VAR:

- Förståelse för fysikalisk kemi (termodynamik, metallurgi, reologi, ytkemi etc.).
- Förståelse för elektromagnetisk kompatibilitet och kraftelektronik.
- Användning av beräkningskemi och molekylär modellering.
- Kunskap om hållbar kemi och ekotoxikologi.

5.2.3. Brytning, anskaffning & bearbetning

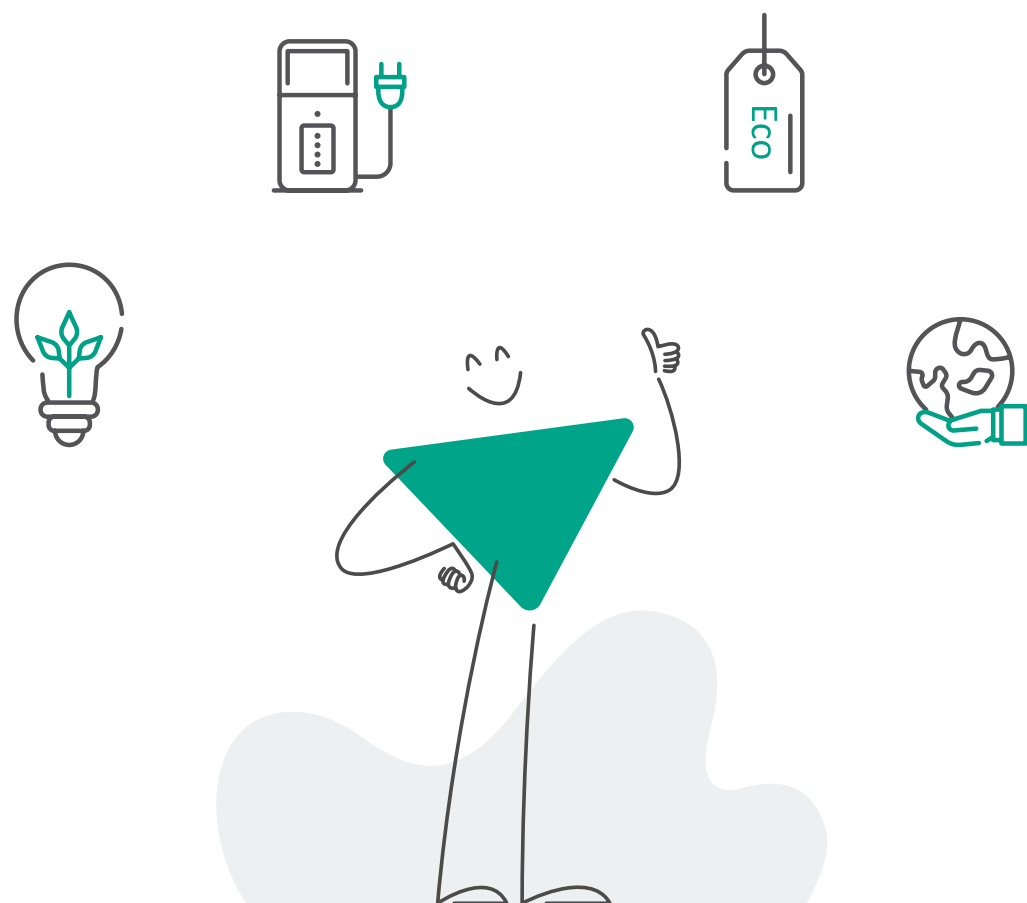


Figur 13.
Betydelsen av olika kompetens inom brytning, anskaffning & bearbetning för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- **Bearbetning** anses vara den viktigaste kompetensen att utveckla
- **Urban mining** anses vara den minst viktiga kompetensen att utveckla
- Kategorin **brytning, anskaffning & bearbetning** fick det lägsta genomsnittliga resultatet (3,75).

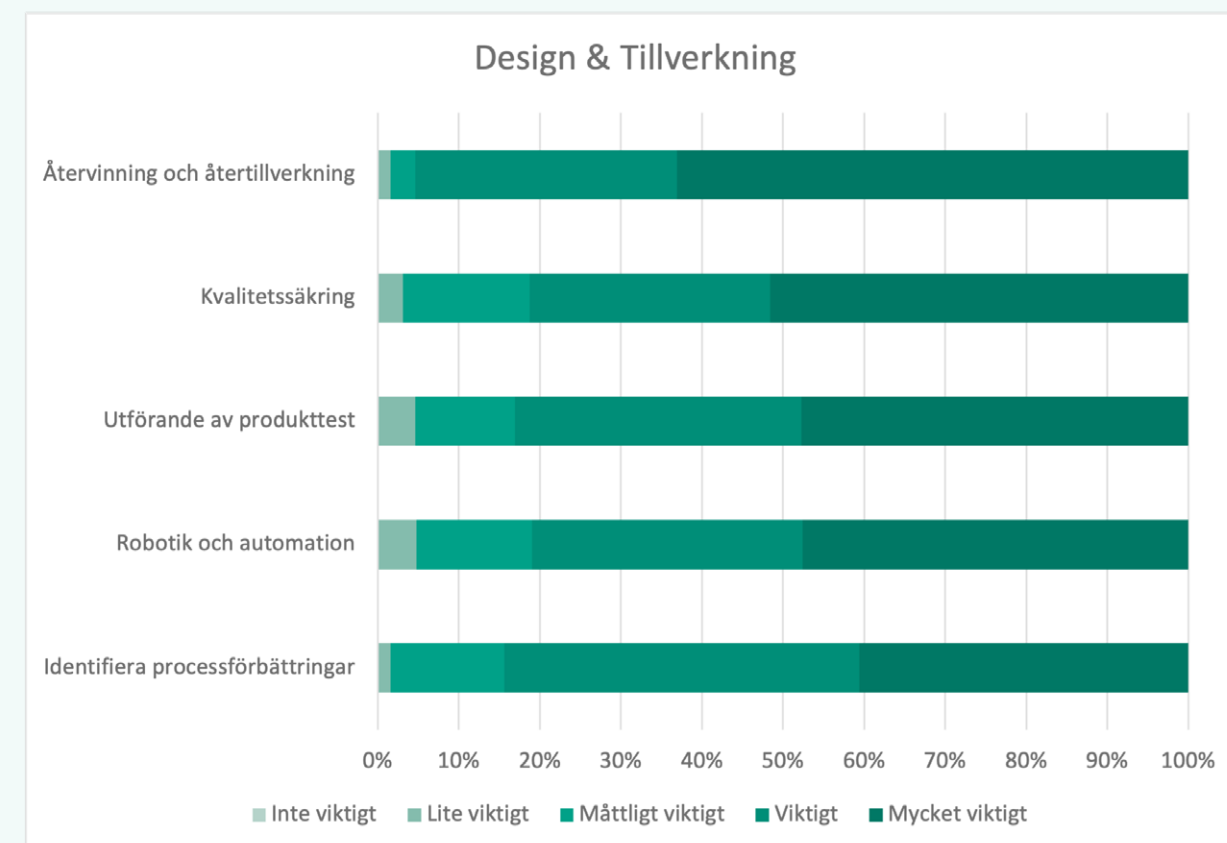




ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL KOPPLAT TILL BRYTNING, ANSKAFFNING & BEARBETNING VAR:

- Kunskap om hållbarhet och miljömedvetenhet, för att tidigt kunna införliva det i batterivärdekedjan.
- Bättre anskaffning av sekundära material och nära samarbete med återvinningsanläggningar.
- Förståelse av miljötillstånd, utförandet av miljökonsekvensanalys och återställning av områden för brytning.
- Förståelse för och jämförelse av konsekvenser av brytningsrelaterade processer i Sverige jämfört med andra länder.
- Förståelse för logistik, inköp och upphandlingsprocessen.
- Allmänheten behöver få information om vilka material som behövs för en fossilfri omställning

5.2.4. Design & tillverkning



Figur 14. Betydelsen av olika kompetens inom design & tillverkning för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

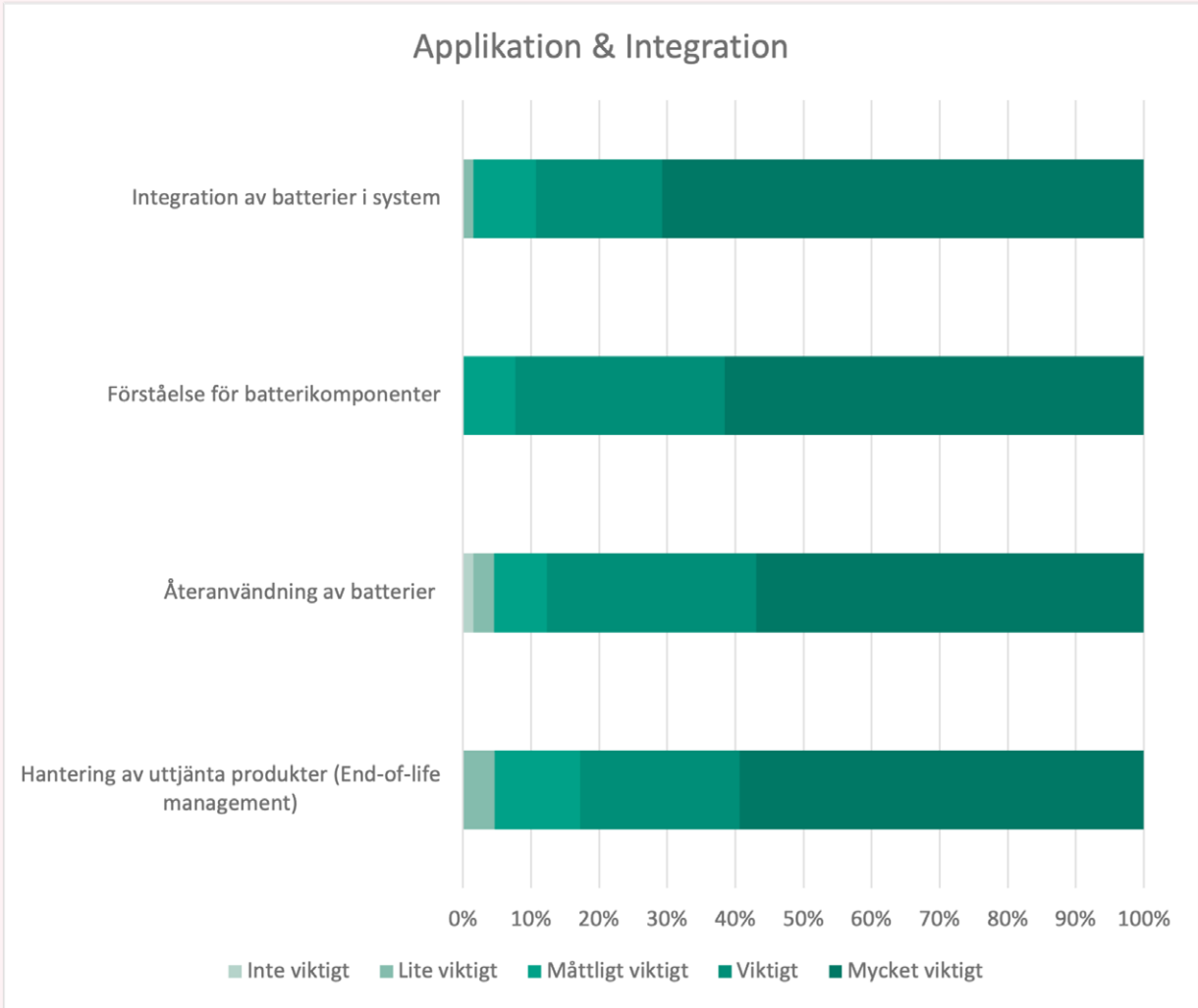
IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- **Återvinning och återtillverkning** anses vara den viktigaste kompetensen att utveckla.
- **Identifiera processförbättringar** anses vara den minst viktiga kompetensen att utveckla.

ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL INOM DESIGN & TILLVERKNING VAR:

- Fokus på att designa för demontering och återvinning.
- Förståelse för att designa utifrån ett kund- och användarperspektiv
- Utveckla kompetens som är sammanlänkad med att designa och producera maskiner för tillverkning av batterier.
- Tvärdisciplinär kompetens saknas och kan utnyttjas genom hela värdekedjan, men är också särskilt användbart specifikt för stegen inom design och tillverkning i värdekedjan.
- Metoder inom lasersvetsning, nanotråd etc. för sammanfogning av celler till moduler och batteripack.

5.2.5. Applikation & integration



Figur 15.
Betydelsen av olika kompetens inom applikation & integration för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

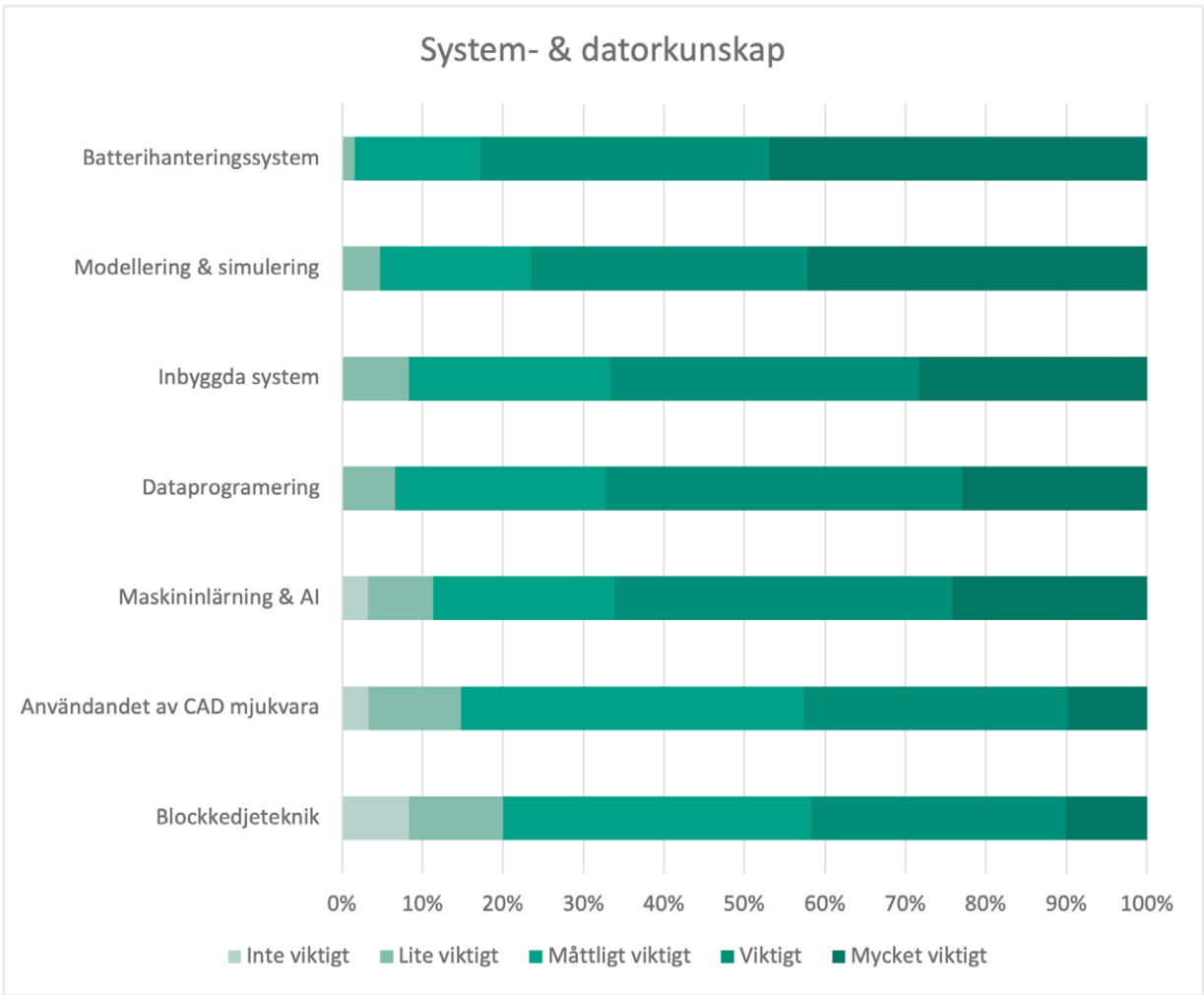
- *Integration av batterier i system* anses vara den viktigaste kompetensen att utveckla.
- All kompetens i kategorin *applikation & integration* anses mycket viktigt, med ett genomsnittligt värde på 4,47.



ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL
KOPPLAT TILL APPLIKATION & INTEGRATION VAR:

- Koordinering av återvinning av litiumjonbatterier bör vara på EU-nivå, eftersom det inte är rimligt att Sverige skulle ha alla olika processer för återvinning som behövs.
- Förståelse för energimarknaden.
- Förståelse för logistik kopplat till uttjänta batterier.
- Förståelse för logistik för nya typer av elektrifierade trafiknät.
- Förståelse för fysiskt inbyggda system.
- Djup kunskap om kritiska och icke-kritiska utsläpp vid återvinning av batterier för att minska kostnader.
- Informera konsumenter om risker som är associerade med misskötsel av batterier och relevanta säkerhetsåtgärder.
- Det finns ett behov av att utveckla kompetens kopplat till hantering av batterier och elfordon vid olyckor.

5.2.6. System- & datorkunskap



Figur 16.
Betydelsen av olika kompetens inom system- & datorkunskap för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

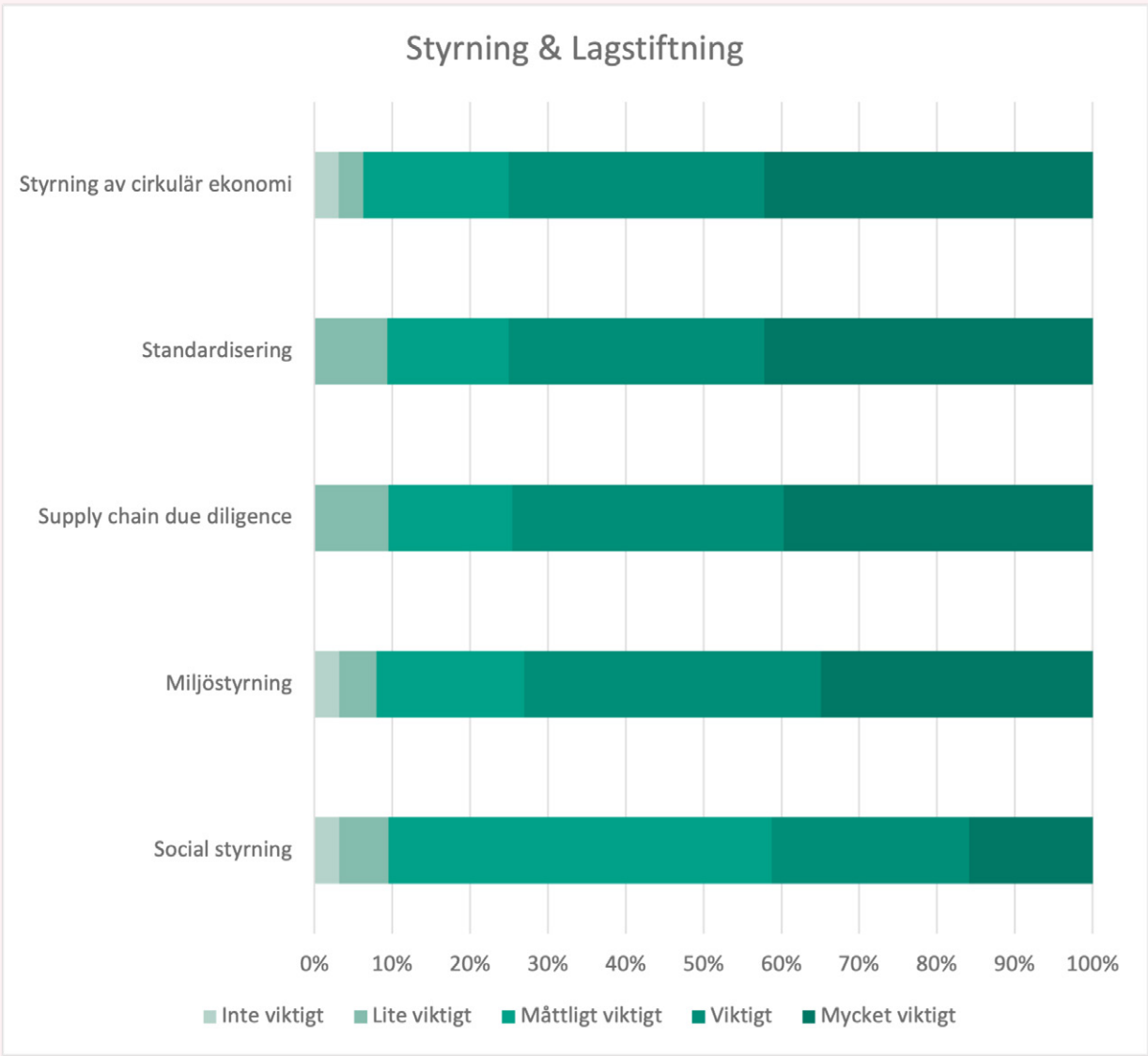
IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

- **Batterihanteringssystem (BMS)** anses vara den viktigaste kompetensen att utveckla
- **Blockkedjeteknik (3,23)** och **användandet av CAD mjukvara (3,34)** har relativt låg betydelse i jämförelse med annan kompetens.

ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL KOPPLAT TILL SYSTEM- & DATORKUNSKAP VAR:

- Förståelse för hur man genomför celldiagnostik och de svårigheter som är associerade med celldiagnostik.
- Högpresterande databehandling och parallellisering med hjälp av superdatorer.

5.2.7. Styrning & lagstiftning



Figur 17.
Betydelsen av olika kompetens inom styrning & lagstiftning för en hållbar batterivärdekedja baserat på svar från enkäten.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

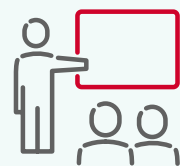
- Samtliga kompetenser har ett genomsnittligt resultat på mellan 3,97 och 4,08 med undantag för **social styrning** med resultatet 3,44.
- **Styrning av cirkulär ekonomi** anses vara den viktigaste kompetensen.





**ANDRA ASPEKTER SOM RESPONDENTERNA LAGT TILL
KOPPLAT TILL STYRNING & LAGSTIFTNING VAR:**

- Kunskap om styrning och lagstiftning relaterat till sällsynta jordartsmetaller och andra material.
- Kunskap om styrning relaterat till infrastruktur
- Vikten av transparens och en viss mån av förutsägbarhet kring kommande tillstånd och lagstiftning, för att säkerställa bättre investeringar för företag och allmänheten.
- Samarbete mellan privat och offentlig sektor för att möjliggöra bättre implementation av regler och förordningar.

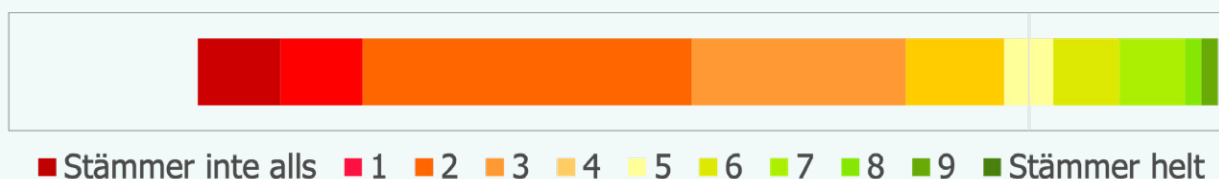


6. Utbildning relaterad till batterivärdekedjan

Från ett övergripande perspektiv har flera intressenter uttryckt ett behov av fler utbildningsprogram och fler utbildade personer i Sverige. En majoritet av respondenterna från enkäten anser att Sverige inte utbildar tillräckligt med individer för den hållbara batterivärdekedjan, se Figur 18. Snittsvaret på 3,18 indikerar att majoriteten av de svarande inte stödjer påståendet "Sverige utbildar tillräckligt med

individer för den hållbara batterivärdekedjan". För att bättre förstå detta kompetensunderskott genomförde vi en sekundär forskning med ambitionen att identifiera det svenska utbudet av utbildningsprogram relaterat till batterivärdekedjan samt jämföra dessa med det europeiska utbudet. Därtill har insikter från intervjuer, workshop och frågeformulär lagts till.

Sverige utbildar tillräckligt med individer för den hållbara batterivärdekedjan



Figur 18. Överblick över respondenters svar på påståendet «Sverige utbildar tillräckligt med individer för den hållbara batterivärdekedjan».

6.1. Europeisk utblick

Att skapa en konkurrenskraftig europeisk hållbar batterivärdekedja har strategisk relevans för både den europeiska bilindustrin och övergången till ren energi. För att uppnå det behöver Europa en högkompetent arbetskraft som är kvalificerad att möta den stora efterfrågan på den växande marknaden runt batterivärdekedjan [7]. Utbudet på yrkeshögskole- och fortbildningsprogram är mer begränsad jämfört med program för högre akademisk utbildning i Europa. De program som finns är ofta utformade utifrån lokal efterfrågan och skräddarsydda för närliggande industrier. För de regioner som har startat eller planerar att etablera batteritillverkningsanläggningar (Sverige inkluderat) kommer betydelsen för specifika utbildningsprogram för produktion att öka [2].

Ökat behov av fortbildningsprogram. Fortbildningsprogram i ämnen relaterat till batterivärdekedjan finns i allmänhet i begränsad omfattning och den utbildning som finns tillhandahålls ofta på det lokala språket eller engelska för samtliga medlemsstater i Europa [7]. Svårigheter ses i omskolningen av individer längs hela batterivärdekedjan. Generellt sett ökar däremot möjligheten till utbildning för yrkesverksamma inom närliggande områden i Europa [2]. Det finns flera specialiserade utbildningsprogram, både online och fysiska, på olika nivåer som sträcker sig från en grundläggande introduktionsnivå till expertisnivå [7]. Däremot är dessa program ofta utbildningar som kostar

och erbjuds främst inom närliggande områden som energilagring, teknik och elektromobilitet. I hela Europa finns det en brist på fortbildning som är relaterad till batteriproduktion, vilket är ett avgörande område för att omskola och kompetenshöja den europeiska arbetskraft som behövs för batteriproduktionsanläggningar [7]. Med andra ord, hela batterivärdekedjan omfattas inte i full utsträckning av utbudet av fortbildning i Europa. Det europeiska utbildningsväsendet (European Education Area) belyser ett växande behov för människor i Europeiska unionen att uppdatera sin kompetens och sina kunskaper för att minska klyftan mellan deras formella utbildning och de ständigt föränderliga behoven i samhället och på arbetsmarknaden [42]. Ett av de områden som föreslås för vidareutveckling är därför mikrocertifieringar, som är ett sätt att certifiera kortvariga inlärningsupplevelser. Denna typ av kunskapsvalidering anses vara särskilt användbar för personer som behöver om- eller vidareutbilda sin kompetens och sina färdigheter. Fastställandet av en europeisk standard för mikrocertifieringar kan i sin tur öka jämförbarheten över landsgränser.

Majoriteten av de utbildningar som erbjuds i Europa hör oftast till den högre utbildningsgraden (kandidat-, master-, doktorsprogram och postdoktorala studier). Två exempel på masterprogram som anses relevanta för batteriindustrin är elfordonsteknik samt kemi- och materialvetenskap.



Tillgängligheten kring relevanta kurser och utbildningsprogram ökar, men tillgången på professorer och lärare ses generellt sett som begränsad [2]. Specialistkunskaper, det vill säga specifika ämnen som exempelvis stor-skalig produktion, saknas fortfarande i dagens utbildningar. The Education and Skills Task Force Position Paper [7] uttrycker ett behov för en utökad andel utbildningar inom elektrokemi, materialvetenskap och -teknik, process- och kemiteknik, samt cirkulär batteriekonomi. Forskningsinstitut och innovationscentrum kopplade till universitet i Europa erbjuder idag en varierad kunskap och expertis som behövs, men antalet studenter är lägre än industrins behov.

Konkurrens om experttalanger. På en postdoktoral nivå har universiteten forskare och professorer med hög kompetens inom främst elektrokemi, materialvetenskap och andra ingenjörsutbildningar. EU stöder olika typer av doktorsprogram, i rapporten Future Expert Needs in the Battery Sector presenteras exempelvis European Training Networks Polystorage [43]

och DESTINY [44]. Programmen erbjuds med hög mobilitet mellan både universitet, lärosäten, såväl som partners inom industrisektorn. Å andra sidan belyser rapporten Future Expert Needs in the Battery Sector också begränsningen i antalet experter, vilket leder till en ökad konkurrens mellan akademien och industrin [2].

Även om både åtgärder för och akademiska utbildningar inom batteriteknik finns har de hittills varit otillräckliga i att möta framtidens behov av kun-nig och specialiserad personal. Med tanke på storleken och takten på den pågående uppskalningen av batteri-produktion i Europa idag är de befintliga utbildningsmöjligheterna underdimensionerade. Således, ses därför mer investeringar i akademiska och praktiska utbildningar som avgörande för att skala upp antalet yrkesverk-samma som kan dra nytta av dessa program [7]. Att skapa en konkurrens-kraftig europeisk batterivärdekedja har strategisk betydelse för både den europeiska bilindustrin och övergången till ren energi.

6.2. Akademiska och praktiska utbildningar i Sverige

Rapporten Strategi för fossilfri konkur-renskraft - En hållbar batterivärdekedja presenterad av Fossilfritt Sverige [6] lyfter tillgången till kvalificerad arbets-kraft som ett nyckelområde där regeringen och industrin måste samarbeta. Rapporten efterlyser stora investeringar (500 miljoner per år under de kommande 10 åren) i kompe-tensutveckling likväl som att fler än 1000 personer om året ska utbildas med kunskaper relaterat till batteri-värdekedjan. Övergången till en hållbar batterivärdekedja kommer att kräva nya kompetenser på alla nivåer, från nya gymnasiekompetenser och högre utbildningsgrader, till topprankad forsk-ning. Med det ökande införandet av batterier inom transport, energilagringssystem och andra industriella områden kommer nya kompetenser att krävas. Det ökade behovet av arbetskraft kopplat till denna övergång kräver en expansion av utbildning i både lägre och högre nivåer, likväl som en större möjlighet till omskolning i arbetslivet (som till exempel livslångt lärande och karriärsbyten) [6].

För närvarande täcker Uppsala univer-sitet (UU), Chalmers tekniska högskola (Chalmers), Kungliga Tekniska Hög-skolan (KTH) och Luleå tekniska univer-sitet (LTU) många av de kompetenser som behövs för batterivärdekedjan Uppsala universitet är särskilt starka när det gäller aktiva material och deras koppling till de andra stegen i värdekedjan och i applikationen av batterier. Chalmers är starka

inom aktiva material (cellkoncept och cellkemi), batteristyrningssystem och återvinning. KTH är särskilt starka inom områdena applikation och integ-ration. KTH är också starka i allmän förståelse för materialvetenskap, men inte specifikt för batterivärdekedjan. Slutligen är Luleå starka på råmaterial och prospektering.

Trots behovet av högre utbildning är efterfrågan på arbetstagare, så som processtekniker och automations-operatörer, mycket hög. Yrkesskolorna erbjuder flera utbildningar inom detta område, men bristande kunskap och intresse för programmen märks både från företag och elever. Dessutom ses samverkan mellan branschen och vuxenutbildningen (VUX) på lokala "hotspots" som Skellefteå, där korta och riktade utbildningar snabbt tagits fram tillsammans med industrin. En ökad medvetenhet om vad yrkes-skolorna och VUX kan erbjuda och en ökad förståelse för och marknadsföring kring jobb-möjligheterna inom branschen behövs för att öka söktrycket.

I nedanstående avsnitt presenteras olika nivåer av akademisk och praktisk utbildning, från vuxenutbildningar (Yrkesvux) till postdoktoral nivå, se Figur 19 för en översikt av utbild-ningsnivåer. Exempel på utbildnings-program som erbjuds inom de olika nivåerna inkluderas i respektive del. Att kartlägga de akademiska och praktiska utbildningar, relevanta för en hållbar batterivärdekedja, som erbjuds

i Sverige idag kan vara en komplex uppgift. Flertalet av programmen på en högre utbildningsnivå erbjuder ofta en bred kunskapsgrund för studenter, vilket gör det svårt att särskilja om ett program är relevant för den hållbara batterivärdekedjan eller ej. Det krävs ytterligare utvärdering för att förstå i vilken utsträckning (framtagna) program och kurser är tillräckliga för att utbilda personer för att arbeta i en hållbar batterivärdekedja. Vi har valt följande distinktioner för att skilja på direkt och indirekt utbildning relaterad till batterivärdekedjan:

- **Direkt relaterade utbildningsprogram:** kurser och andra utbildningsformer. Dessa har lärandemål som är påtagligt batterispecifika samt kopplade till en eller flera delar av batterivärdekedjan.
- **Indirekt relaterade utbildningsprogram:** kurser och andra utbildningsformer. Dessa har inte lärandemål som är påtagligt batterispecifika, men då kompetensbehovet är brett och involverar mer generella kompetenser är målet att presentera bredare utbildningsprogram inom ingenjörskonsten som inkluderar kemi, energi, hållbarhet, cirkulär ekonomi och processteknik.

OBS:

Kartläggningen nedan är inte en utförlig förteckning över relevanta utbildningsprogram/kurser. Dessutom har inte deras relevans viktats eller verifierats med institutionerna. Därför bör denna sammanställning endast användas som exempel och inte som en fullständig kartläggning av batteriutbildningar i Sverige.

					Bologna nivå	1	2	3
EQF nivå	1	2	3	4	5	6	7	8
SEQF nivå	1	2	3	4	5	6	7	8
Kvalifikation					- Gymnasieingenjörsexamen - Yrkeshögskoleexamen	- Kandidatexamen - Högskoleexamen - Kvalificerad yrkeshögskoleexamen*	- Masterexamen - Magisterexamen	- Doktorsexamen - Licentiatexamen
*Kvalificerad yrkeshögskoleexamen ingår i EQF/SEQF nivå 6, men inte Bologna nivå 1								

Figur 19.
Ramverket för svenska kvalifikationer och examina [45].

6.2.1. Gymnasium och Vuxenutbildning

Den fjärde nivån av EQF/SeQF motsvarar en gymnasial nivå. Svensk gymnasienivå täcker program med både högskolebehörighet samt behörighet till yrkesinriktad utbildning [46]. En gymnasieutbildning påbörjas som senast vårterminen det år en student fyller 20 år. Om en person är äldre än så erbjuds i stället utbildningen via systemet för vuxenutbildning, vilket i Sverige kallas för komvux. Komvux ändamål är främst att erbjuda vuxna möjligheten att komplettera sin gymnasiala utbildning.

I ett pressmeddelande från Svenska Utbildningsnämnden föreslår regeringen ett flertal förändringar för att öka valideringen inom komvux i Sverige [47]. Målet med ökad validering är att snabbare få access till kompetenser som behövs på den svenska arbetsmarknaden och att ge bättre möjligheter för validering av kompetenser hos utrikesfödda personer för att bryta segregationen.

Exempel på svenska utbildningar på gymnasial nivå vilka anses relevanta för den hållbar batterivärdekedjan:



SKELLEFTEÅ VUX

Automationsoperatör

Utbildningen innehåller både teori och praktiska inslag [66]. Utbildningen är en kombination av studier på plats på Campus Skellefteå och distansstudier, under 24 veckor. Automationsoperatörer arbetar i rena och torra miljöer och arbetsuppgifterna innefattar automatiserad produktion, kvalitetskontroll, förebyggande underhåll och tester. VUX har laboratoriemiljöer på Campus Skellefteå, där automatiserad produktionsteknik används. Utbildningen genomförs i samverkan med Northvolt.

MUNKEDAL KUNSKAPENS HUS

Processteknik

En ettårig vuxenutbildning som riktar sig till personer med intresse av en karriär som produktionstekniker, processoperatör eller drifttekniker inom processindustrin [68]. Yrket präglas av teknik, miljökunskap och säkerhet. Programmet innehåller både teoretiskt och praktiskt lärande. Exempel på kurser som erbjuds är:

- Vatten och processkemi
- Miljö- och energikunskap
- Underhåll och driftsäkerhet
- Industriautomation

6.2.2. Yrkeshögskoleutbildning

Nivå fem av EQF motsvaras i Sverige av utbildningen som erbjuds inom yrkeshögskoleutbildning. Nivån inkluderar även gymnasieingenjörer, vilket innebär att studenter på ett tekniskt gymnasieprogram adderar ett extra år till sin utbildning för att få examen som gymnasieingenjör. Den svenska yrkeshögskoleutbildningen erbjuder en eftergymnasial utbildning som kombinerar teori med lärande i arbete (LIA). Yrkeshögskoleexamen täcker minst ett år av heltidsstudier, kvalificerad yrkeshögskoleexamen täcker minst två år av heltidsstudier där minst 25 % av tiden utgörs av praktik [48].

De program som erbjuds är inom sektorer där man ser specifika behov av yrkeskunnig arbetskraft, med målet att studenten ska anställas direkt efter examen. Myndigheten för yrkeshögskolan beslutar vilka av programmen som erbjuds som högre yrkeshögskoleutbildning samt är ansvariga för att analysera arbetsmarknaden.

Om befintliga utbildningar som erbjuds inte motsvarar den kompetens som efterfrågas av en arbetsgivare erbjuds möjligheten att delta i ansökan om att erbjuda ett nytt utbildningsprogram, samt att bidra till analysen av framtida behov inom en specifik industri [49]. I analysen kring energisektorn, gjord av Myndigheten för yrkeshögskolan år 2020, nämns den ökade batteriproduktionen och återvinningen av jordmetaller som ett brådskande problem med stor strategisk effekt på kompetensbehov inom området [50]. Utöver detta har den svenska regeringen utfärdat en undersökning gällande framtida yrkeshögskoleutbildningar i landet [51]. En del av uppgiften är att undersöka yrkeshögskoleutbildningarnas roll i övergången mot ett hållbart samhälle, vilket involverar förslag på hur yrkeshögskoleutbildningar kan bidra med kompetenser gällande klimatförändringar samt om den sortens utbildning bör prioriteras.

Exempel på svenska yrkeshögskoleutbildningar som anses relevanta för den hållbara batterivärdekedjan:



GYMNASIEINGENJÖR

Produktionsteknisk profil

Eleverna studerar ett extra år efter deras studentexamen från ett tekniskt program på gymnasiet. Kurser inom produktion och automation är obligatoriska och studenten kan välja kurser inom exempelvis CAD-specialisering, industriell IT och metoder för industriell produktion [61].

SKELLEFTEÅ KOMMUN YRKESHÖGSKOLA

Produktionstekniker; Automatiserade tillverkningsprocesser

Ett tvåårigt yrkeshögskoleprogram med både teoretiska och praktiska element. Programmet har utvecklats i samarbete med företag som exempelvis ABB, Boliden och Northvolt. Kurser som inkluderas i programmet är exempelvis 3D-CAD och ritteknik, LEAN och hållbar produktion samt produktionsteknik [64].

CREANDO YRKESHÖGSKOLA

Drifttekniker - Processoperatör

En tvåårig yrkeshögskoleutbildning på distans, varav 10 veckor av den totala studietiden befinner sig den studerande på en vald studieorten (Västerås, Sundsvall eller Piteå). Under andra året kan studenten specialisera sig på batteriproduktion eller industrikemi. Flertalet företag är involverade i utbildningen, Northvolt inkluderat. Kurser som erbjuds i programmet är exempelvis processteknik, processtyrning samt underhållsteknik [72].

YRKESHÖGSKOLAN SYD OLOFSTRÖM

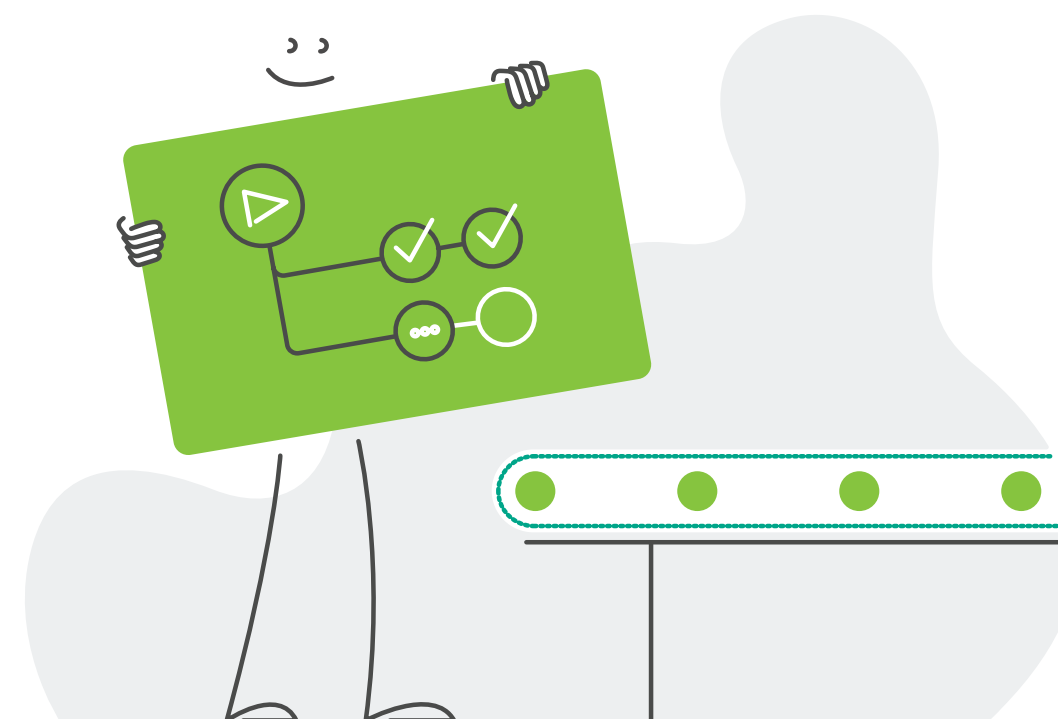
Automation- och robotingenjör

Ett tvåårigt yrkeshögskoleprogram som erbjuder utbildning för arbete som automationsingenjör, automationstekniker och underhållselektriker bl.a. studenterna förbereds för att utföra arbetsuppgifter som att installera och underhålla automatiserade anläggningar samt styra och övervaka produktionsprocesser. Exempel på kurser som ingår i programmet är industriell IT, automationssystem, produktionsekonomi och hållbar utveckling samt projektmetodik. Programmet omfattar tre perioder med lärande i arbetslivet (LIA) [81].

LUND YRKESHÖGSKOLA (HERMODS AB LUND)

Automations- och robotingenjör med Industri 4.0

Ett tvåårigt yrkeshögskoleprogram som erbjuder utbildning för yrken som automations- och robotingenjör, automationstekniker eller underhållstekniker. En tredjedel av utbildningen är uppdelad i två perioder av lärande i arbetslivet (LIA). Kurser inom programmet är till exempel industriell automation och smart industri- och fastighetsautomation. Studenterna får kompetenser inom elektronik, kontroll- och styrteknik, automation inom produktionsprocesser och ledning av automationsprojekt [71].



6.2.3. Kandidat- och Mastersexamen

Nivå 6 av EQF översätts till en kandidatexamen, och nivå 7 av EQF till en masterexamen, båda på eftergymnasial utbildningsnivå. I Sverige är många tekniska utbildningar femåriga, med möjligheten att ta ut en kandidatexamen efter tre år eller avsluta med en masterexamen efter fem års utbildning. I Sverige erbjuds även ettåriga masterprogram, även kallade magisterprogram, som också dessa översätts till EQF:s sjunde utbildningsnivå. Tillväxtverkets rapport om strategisk kompetensförsörjning pekar på systematiska barriärer för anpassning av läroplaner i de formella utbildningarna som industrin behöver. Akademisk

utbildning behöver hålla en god vetenskaplig kvalitet som går i linje med behoven för arbetsmarknaden. Högskolereformen 1993 förändrade styrningen av utbildningsinnehåll, från ett fokus på arbetsmarknadens behov, till ett individfokus där studentens val styr utbildningen. Vid ett lägre söktryck medför det utmaningar i hur stor utsträckning de högre lärosätena kan justera och anpassa innehållet i utbildningar för att möta arbetsmarknadens behov [52]. Exempel på svenska högre utbildningar, relevanta för den hållbara batterivärdekedjan, som erbjuds idag:



UPPSALA UNIVERSITET

Masterprogram i Batteriteknik och Energilagring

Programmet erbjuder specialistkompetens inom batteriteknik och energilagring och har sin grund i materialkemi och materialanalys. Inom programmet finns två inriktningar som erbjuder möjligheten att bygga en specialistkompetens inom batterimaterial eller inom battericeller och -system [80].

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

Civilingenjörsprogrammet för Hållbar process- och kemiteknik

Ett femårigt program med målet att bygga kompetens inom användningen och utvecklingen av processer för framtidens användning av hållbara material och resurser. Under det fjärde året erbjuds studenterna praktiska kurser i upp till en termin. Programmet har två inriktningar [70]:

1. **Kemi- och bioprosessteknik:** bygger kompetens i att utveckla nya hållbara processer. Elektrokemi är noterat som ett behov inom industrin, där batteritillverkningsindustrin pekas ut som ett område med växande behov.
2. **Mineralteknik och metallurgi:** föreslagna arbetsområden för ingenjörer inom detta fält är extraktion och återvinning av mineraler och metaller, med fokus på att minimera utsläpp och energiförbrukning.

FRISTÅENDE UNIVERSITETSKURSER I SVERIGE

Luleå tekniska universitet

- Batterier för ett hållbart samhälle: från råmaterial till battericeller [58].

Uppsala universitet

- Batterier och lagring [78]
- Beräkningsmodellering av energirelaterade material [59]

Lunds universitet

- Miljösystemanalys, livscykelanalys [79]
- Väte, batterier och bränsleceller [77]

6.2.4. Doktorandstudier och Forskningscentrum

Nivå 8 av EQF översätts i Sverige till doktorandutbildning. Utbildningen som erbjuds på doktorandnivå är på två eller fyra år och leder till en licentiat- respektive doktorsexamen. Högre lärosäten i Sverige har i regel tillstånd för examen på doktorsnivå. De högskolor som har tillstånd för examen på doktorsnivå för specifika ämnen får ge ut examen inom det givna området [53].

I de fall där doktorandstudier ges på universitet och högskolor som saknar tillstånd för den utbildningsnivån, sker inskrivning och disputation av doktoranden på ett annat lärosäte med

tillstånd för den sortens studier. Denna utbildning kan också erbjudas hos forskarskolor [53].

Det finns flertalet finansieringsmöjligheter för doktorandstudier i Sverige. De finansieringsmöjligheter som erbjuds idag är [54]:

- **Doktorandanställning**
- **Annan anställning på universitetet**
- **Utbildningsbidrag**
- **Stipendium**
- **Anställning utanför lärosätet (doktorandanställning hos ett företag)**

Exempel på forskningskluster relevanta för den hållbara batterivärdekedjan som erbjuds i Sverige idag:

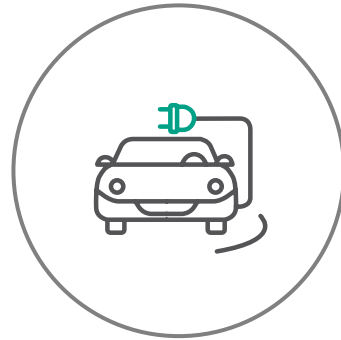


ÅABC - ETT BATTERICENTRUM PÅ ÅNGSTRÖM - UPPSALA UNIVERSITET

ÅABC leds av Professor Kristina Edström och är Nordens största grupp av batteriforskare. Forskningen fokuserar på litiumjonbatterier och kemin för bränsleceller, inklusive katod-, anod- och elektrolytmaterial. Inom forskningsområdet för litiumjonbatterier bedrivs forskning om användningen av batterier inom elbilsindustrin och de utmaningar kopplade till uppskalning av användandet av litiumjonbatterier. Säkerhet och livscykeln för bilindustrins batterier är två problem som utforskas [62].

COMPETENCE CENTER RECYCLING (CCR) - CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

CCR siktar på att vara ett nätverk för samarbeten inom forskning och utveckling, inom fälten kring en cirkulär ekonomi för material. Forskningen inkluderar återanvändningen av produkter och återvinningsteknologi, såväl som av effektiv användning av material för att stärka konkurrenskraften och bidra till ett hållbart samhälle [73]. Forskningen av Industrial Materials Recycling är en del av CCR och genomför projekt inom återvinning av batterier [75].



CIRKULÄRA OCH GRÖNARE PROCESSER FÖR ÅTERVINNING OCH PRODUKTION AV LI-ION BATTERIER

Ett samarbete mellan Chalmers tekniska universitet, Uppsala universitet, Volvo Cars, Northvolt och Meab Metallextraktion. Ett projekt med ambitionen att finna en grön och cirkulär process för den nuvarande återvinningen och produktionen av litium-batterier. Projektet kombinerar både akademiska- och industripartners med målet att skapa unika kompetenser inom hållbar och cirkulär ekonomi inom den nordiska regionen [76]

SWEDISH ELECTROMOBILITY CENTRE

Ett nationellt forskningscentrum som fungerar som en plattform för akademien, industrin och samhället för att samla kompetens för elektromobilitet [82]. Swedish Electromobility Centre främjar både tvärvetenskaplig och institutionsöverskridande forskning och genomför samtidigt tekniska studier. Ett nationellt nätverk eller doktorander har utvecklats, där plattformen fungerar som en arena för samarbete och kunskapsuppbyggnad genom kurser, seminarier och workshops.

BATTERIES SWEDEN (BASE)

Ett centrum för svenska batterier som tillhandahåller en plattform för utveckling av vetenskapliga upptäckter inom batterimaterial och cellkemi, där ett av målen är att bygga upp ett svenskt kompetenscentrum för batterikoncept som är internationellt ledande [83]. BASE fungerar som en öppen miljö för kunskapsutbyte, där samarbete mellan unga forskare och industripartners samt samarbete med internationella kompetenscentrum underlättas.



6.2.5. Samarbete med industrin (fortbildning)

Samarbeten mellan utbildningsväsendet och industrin förekommer ofta. Till exempel ses universitetens uppdragsutbildningar som viktiga för att arbeta mot att möta industrins kompetensbehov, och för att säkerställa livslångt lärande. Partnerskap kan även involvera andra aktörer, så som kommuner, som i projektet T-25

initierat av Luleå tekniska universitet, Boliden, LKAB, Mobilaris, Northvolt, Skellefteå Kraft and SSAB [55]. Målbilden med projektet är att inom fem år öka antalet anställda i bolagen med 25 000 personer. Sedan starten av projektet har både regioner och kommuner valt att ansluta sig till projektet [56].

Andra exempel på partnerskap mellan utbildningsväsendet och industrin, relaterade till en hållbar batterivärdekedja, är:



PROJEKTET PROMPT

PROMPT är nationellt utbildningsinitiativ som är ett samarbete mellan flertal akademiska institutioner och svenska industriföretag och organisationer [67]. Projektets vision är att säkerställa leveransen av avancerad datakompetensmjukvara och innovation inom svenskt näringsliv. Utbildningen finansieras av Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling och erbjuds genom Chalmers tekniska högskola, Blekinge Tekniska Högskola och Mälardalens universitet. Exempel på kurser som erbjuds av högre lärosäten är:

- Cybersäkerhet (Applied cybersecurity)
- Säkerhetskritisk mjukvara
- Maskininlärning med Big Data

PROJEKT PREMIUM (PROFESSIONAL EDUCATION FOR MANUFACTURING INNOVATION)

Jönköping universitet och Mälardalens universitet erbjuder kompetensutveckling genom utbildning inom produktionsutveckling [63]. Projektet finansieras av Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling och projektet riktar in sig på nyckelpersoner inom tillverkningsindustrin. Projektet erbjuder två kurser:

- Industriell projektledning
- Big data och molntjänster för industriella tillämpningar

PROJEKT PRODKOMP

Projektet fokuserar på att supportera individer och företag i kompetensutvecklingen inom produktionsteknik. Kurserna är utvecklade i samarbete med den akademiska sfären och industripartners och är finansierade av Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling. Exempel på kurser som erbjuds är:

- Batterier för elektriska fordon
- Tillverkningen och återvinningen av litiumjonbatterier

6.2.6. Massiva öppna onlinekurser (MOOCs)

Universitetskanslersämbetet (UKÄ) definierar Massiva öppna onlinekurser (MOOCs, Massive Open Online Courses) som öppna webbaserade kurser, som är skalbara och skapade för ett stort antal deltagare [57]. MOOCs erbjuder möjligheten att nå ut med kunskap till en större grupp, och är en hjälp för att hantera utmaningar i samhället. Flertalet

svenska universitet erbjuder MOOCs för en bred publik. En annan fördel med MOOCs är att människor kan få tillgång till kurser som ges av universitet runt om i världen, ofta utan kostnad. Det är därför värt att notera att både specifika och relaterade kurser till batterivärdekedjan eventuellt går att finna utanför Sverige.

Exempel på MOOCs som anses relevanta för den hållbara batterivärdekedjan som erbjuds i Sverige idag:



CAMPUS SKELLEFTEÅ

Batteries, Fuel Cells, and their Role in Modern Society

Kursen siktar på att bygga en grundförståelse av ämnena batterier och bränsleceller i samband med de huvudsakliga drivkrafterna för hållbar utveckling [65]. Fokus ligger på transport- och energimarknader med dess tillhörande processer. Grundläggande kunskap av nyckelteknologier, elektromobilitet och förnyelsebar energi förses i utbildningen. Kursen estimeras att ta mellan 12–24 timmar över 6 veckor.

CHALMERS TEKNISKA UNIVERSITET

MicroMaster-program

I samarbete med Volvo Cars, Volvo Group och Zenuity har Chalmers Tekniska Universitet utvecklat ett kurspaket med möjligheten att få ut ett certifikat från EdX inom nya fordonsteknologier [74]. Kurserna kan studeras var för sig och varje kurs estimeras att ta mellan 10–20 timmar över 6 veckor:

- Elektriska och konventionella fordon
- Trafiksäkerhet inom fordonsteknik
- Hybridfordon
- Modellbaserad fordonssystemteknik
- Sensorfusion och icke-linjär filtrering för fordonssystem
- Multi-Object Tracking för fordonssystem
- Beslutfattande för fordonssystem



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Cirkulär ekonomi: Hållbar materialhantering

Kursen tittar på hur material kan användas effektivare i slutna system [69]. Forskare och utövare från runt om i Europa förklarar grundprinciperna för cirkulär ekonomi genom fem moduler. Kursen inkluderar även verktyg och färdigheter för analys av cirkulära affärsmodeller. Kursen estimeras ta 15 timmar över 5 veckor.

EIT INNOENERGY

Professionell träning

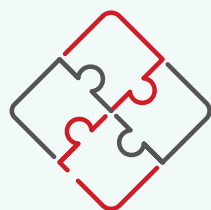
Battery Storage Masterclass är 3-dagarskurser som hålls i blandad format i Sverige [60]. Online Small Private Online Course (SPOC) kurser som körs över en fyra veckors period till en låg avgift:

- Material till elektroder
- Elektroder till celler
- Strömmvandlare och effektivitet i batteriapplikationer
- Batterihanteringssystem
- Batteritestsystem
- Solid State-batterier
- Energilagring – batterirevolutionen

INGENJÖR 4.0

Projektet är en del av det strategiska innovationsprogrammet Produktion 2030 [84], där modulutbildningar utvecklas av 13 universitet. Ingenjör 4.0 är ett webbaserat uppgraderingsprogram som riktar sig till anställda inom industrin med ingenjörsbakgrund. Utbildningen svarar mot den pågående höghastighetsdigitaliseringen av industrin och innehåller 15 moduler om framtidens produktion, där varje modul förväntas ta 4 timmar per vecka under en 5-veckorsperiod.

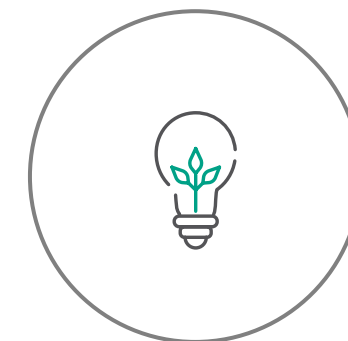




7. Identifierade utmaningar och åtgärdsförslag

Att förse den svenska industrin med högkvalificerad arbetskraft är nödvändigt för att säkra Sveriges position och konkurrenskraft i en europeisk batterivärdekedja. Detta kräver att avgörande åtgärder vidtas inom akademi, industri och regering. Företag längs värdekedjan behöver bygga upp sin framtida personalstyrka och våra resultat från enkätundersökningen, intervjuerna och workshopen tyder på att de står inför utmaningar på flera fronter. I det här kapitlet presenteras både utmaningar och föreslagna åtgärder för att överbrygga kompetensgapet för en hållbar batterivärdekedja. För att undvika ett allt för långt kapitel har några resultat från enkäten och workshopen placerats i bilaga. Detta inkluderar en rangordning av de viktigaste åtgärderna från enkätundersökningen och kartläggningen av utvalda åtgärder och dess genomförbarhet från workshopen samt vardera intressents roll (akademi, industri och regering) för respektive åtgärd. Dessa kan ses i Bilaga A respektive Bilaga C.

Den hållbara batterivärdekedjan är central för Sveriges omställning till ett fossilfritt samhälle med nettonollutsläpp. Den enorma mängd kompetens som behövs på så kort tid för denna omställning kräver anpassningsbara och dynamiska lösningar för att tillgodose de ständigt föränderliga kompetensbehoven. Den typ av utveckling samhället står inför i relation till ett fossilfritt välfärdssamhälle och en cirkulär ekonomi sätter det svenska utbildningssystemet på prov. Det finns ett generellt behov av mer samordning, samverkan och kunskapsdelning för att kunna utveckla rätt kompetens och säkerställa konkurrenskraft. Således kommer det att behövas en anpassning av det nuvarande utbildningssystemet för att ge mer flexibla utbildningsmöjligheter. Utbildningssektorn upplever kapacitetsbrist inom flera områden, såsom lärare, personal, forskare och studenter, och branschen uttrycker ett övergripande behov av att öka attraktionskraften av att arbeta i batterivärdekedjan. Dessutom tyder uppgifterna på ett behov av mer lång-



siktiga investeringar, finansiering och incitament. Detta för att Sverige ska ha en realistisk möjlighet att skala sin position i den framväxande europeiska batterivärdekedjan. Ingen enskild aktör

kan däremot göra detta själv och alla intressenter i den svenska (och nordiska) batterivärdekedjan behöver arbeta tillsammans.

För att överbrygga kompetensgapet behöver några utmaningar först åtgärdas:



1. Behov av samordnade insatser för batterivärdekedjan

- Brist på nationell och nordisk samordning
- Avsaknad av en nationell plan
- Bristande intresse och förståelse för batterivärdekedjan

2. Utmaningar inom utbildningssystemet

- Behov av ett mer dynamiskt och modulärt utbildningssystem
- Olika meriteringssystem inom den akademiska världen
- Studentersättningssystemet - studentpengen

3. Att bibehålla kvaliteten och samtidigt öka tillgängligheten och kapaciteten av utbildning

- Otillräcklig kompetenshantering längs hela värdekedjan
- Brist på forskningsinfrastruktur och praktisk erfarenhet
- Brist på infrastruktur för kunskapsöverföring mellan akademien och industrin

7.1. Behov av samordnade insatser för batterivärdekedjan

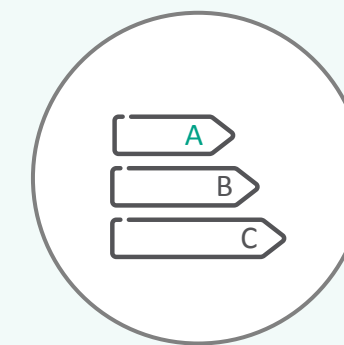
I detta kapitel diskuteras behovet av samordnade insatser på nationell och nordisk nivå, behovet av en nationell

plan och behovet av ökat intresse och förståelse för batterivärdekedjan.

7.1.1. Brist på nationell och nordisk samordning

Det saknas nationell samordning för kompetensförsörjningsinsatser kopplat till batterivärdekedjan. Vidare är de kompetenser och resurser som behövs för en hållbar batterivärdekedja utspridda över olika kompetensområden och aktörer, både i Sverige och Norden. För närvarande pågår flera initiativ, men dessa har mindre och till viss del överlappande omfattning på grund av bristande samordning. Dessa initiativ kommer sannolikt att vara värdefulla i de kommuner eller regioner det sker. Men de kan också ge värde åt andra och påskynda nya initiativ genom att dela insikter och/eller utvidga samarbetet mellan regioner eller kompetensområden, samtidigt som risken för att uppfinna hjulet på nytt minskar. Nationell samordning behövs för att definiera, samla in, strukturera och säkerställa tillgängligheten till data och insikter från pågående och planerade initiativ och aktiviteter kopplade till kompetensförsörjning i hela Sverige. Utan samordning finns det en risk att Sverige går för långsamt fram och att insatser görs suboptimalt. I dag har de olika stegen i värdekedjan olika styrkor och tillgången till finansiering och forskningsinfrastruktur varierar, dock är de

beroende av varandra då ingen kedja är starkare än sin svagaste länk. Industrin har haft svårt att beskriva och kommunicera sina nuvarande, framtida och/eller förändrade kompetensbehov till utbildningsväsendet. En utmaning som förstärks på grund av den snabba och föränderliga marknaden. Ibland finns till exempel en kurs som industrin efterfrågar redan tillgänglig inom akademien eller så kan den erbjudas genom mindre ändringar av befintliga kurser, men på grund av bristande kommunikation skapas en ny kurs. Att utveckla nytt utbildningsmaterial är mycket tidskrävande. Både industrin och utbildningsväsendet uttryckte även ett behov av ökad förståelse för tillgänglig utbildning kopplat till batterivärdekedjan. Ett alternativ som diskuterades under workshopen var att utveckla en webbplats, liknande kompetensmatchning.se, för att visualisera all tillgänglig utbildning på olika nivåer. Att ha en helhetsbild av alla insatser kopplade till hela batterivärdekedjan är nyckeln till att förstå potentiella gap och skapar möjligheter till ökad samverkan som kan hjälpa Sverige bygga upp en konkurrensfördel. Det är viktigt att kontinuerligt



monitorera och analysera kompetensbehovet längs hela värdekedjan och involvera alla relevanta aktörer i processen. Institutioner som kommuner, gymnasieskolor, yrkesutbildning och vuxenutbildning (VUX) har uttryckt en oro över att de ofta lämnas utanför ekosystemet, men är viktiga pusselbitar för att fylla gapet. Sannolikt kommer Sverige inte att ha tid att bygga upp och förvärva den kompetens som krävs för en hållbar batterivärdekedja organiskt. För att förbli konkurrenskraftigt måste Sverige vidareutveckla och utnyttja både komparativa och kompletterande styrkor i Norden. Strategiska partnerskap mellan flera intressenter och ett systemtänk kommer därför att vara avgörande för att både driva på nuvarande initiativ, stimulera batterimarknaden och bygga upp nyckelkompetens i hela värdekedjan och utbildningssystemet.

En nationell samordnare anses vara den bästa lösningen för att åstadkomma den samordning och underlätta de insatser som krävs för att åtgärda kompetensbristen längs hela batterivärdekedjan. På grund av batterivärdekedjans snabbväxande

ambiguitet och komplexa kontext är befintliga plattformar för samordning och insamling av information och kunskapsutbyte för att hantera kompetensbristen otillräckliga. Insikter från företrädare inom Västra Götalandsregionen har påvisat vikten av en utsedd projektledare som inte är knuten till någon intressegrupp för att säkerställa framfart, uthållighet och balansera intressen och involvering av intressenter från den offentliga och privata sektorn. En nationell samordnare måste ha rätt mandat och verktyg för att lyckas och kunna exekvera. En kurs eller ett program kan t.ex. behöva utvecklas snabbt för att säkerställa konkurrenskraften, och den nationella samordnaren bör kunna förverkliga behovet utan att beslut fastnar i byråkratiska led. Att ha en mer strukturerad överblick över initiativ och den övergripande statusen för både utbildning och industrins framsteg i Sverige skapar dessutom bättre förutsättningar för samarbete på nordisk och/eller internationell nivå. Detta skulle kunna bidra till att skapa större samsyn kring styrkor och svagheter i Sverige, och inom vilka områden vi kan hjälpa eller behöver hjälp

för att utveckla den kompetens som behövs. Att bygga på tillgängligheten till lokala, regionala och nationella styrkor i Norden har dessutom lyfts fram som viktigt genom hela studien för att säkerställa att Sveriges värde-

kedja för batterier förblir konkurrenskraftig. Det finns också ett behov av samarbete på både nationell och nordisk nivå för att attrahera och utnyttja forskning och arbetskraft från andra länder.



FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Införa studievägledning och lotsar för att vägleda industrin och yrkesverksamma att hitta och matcha rätt kompetens inom olika utbildningsprogram nationellt.
- Utveckla och införa genomtänkta mått och digitala verktyg för att kontinuerligt samla in data, monitorera, analysera och anpassa motsvarande åtgärder för att hantera efterfrågan på kompetens.
- Utveckla och införa processer, metoder, arbetssätt och grundläggande förutsättningar för aktörer (dvs. skolor och kommuner) att ta emot, implementera, utvärdera och kontinuerligt lära sig av "paketerade" utbildningsprogram.

• Kartläggning och visualisering av tillgänglig utbildning:

- Skapa standardiserade kartläggningsmodeller för att säkerställa samstämmighet.
- Kontinuerlig kartläggning av efterfrågan och utbud.
- Utveckling av API:er för effektiv datainsamling om tillgänglig utbildning.
- Industrin måste bidra med information om vilken typ av kompetens och kapacitet som behövs från utbildningsväsendet och klargöra vad som kommer att göras internt.
- Kontinuerlig dialog mellan industrin och utbildningsväsendet om framtida behov.

• Sverige behöver utse en nationell samordnare som behöver:

- Vara en person eller ett team, utan koppling till en intressegrupp, som förstår ekosystemet och kan genomföra förändringar på ett effektivt sätt.
- Ha förståelse för incitament och finansieringsmodeller inom olika utbildningsnivåer inom utbildningssektorn.
- Ha stöd och förtroende, en tillräcklig budget och mandat för att förverkliga behoven, samt arbeta för att kontinuerligt förbättra den kollektiva förståelsen av kompetensbehoven och utbudet i batterivärdekedjan.
- Involvera nyckelaktörer från industrin och den akademiska världen för att komma överens om gemensamma utbildningsbehov.
- Se till att forsknings- och innovationsinitiativ i allt högre grad utvecklar modeller för hela värdekedjan och inte bara för varje enskilt steg.

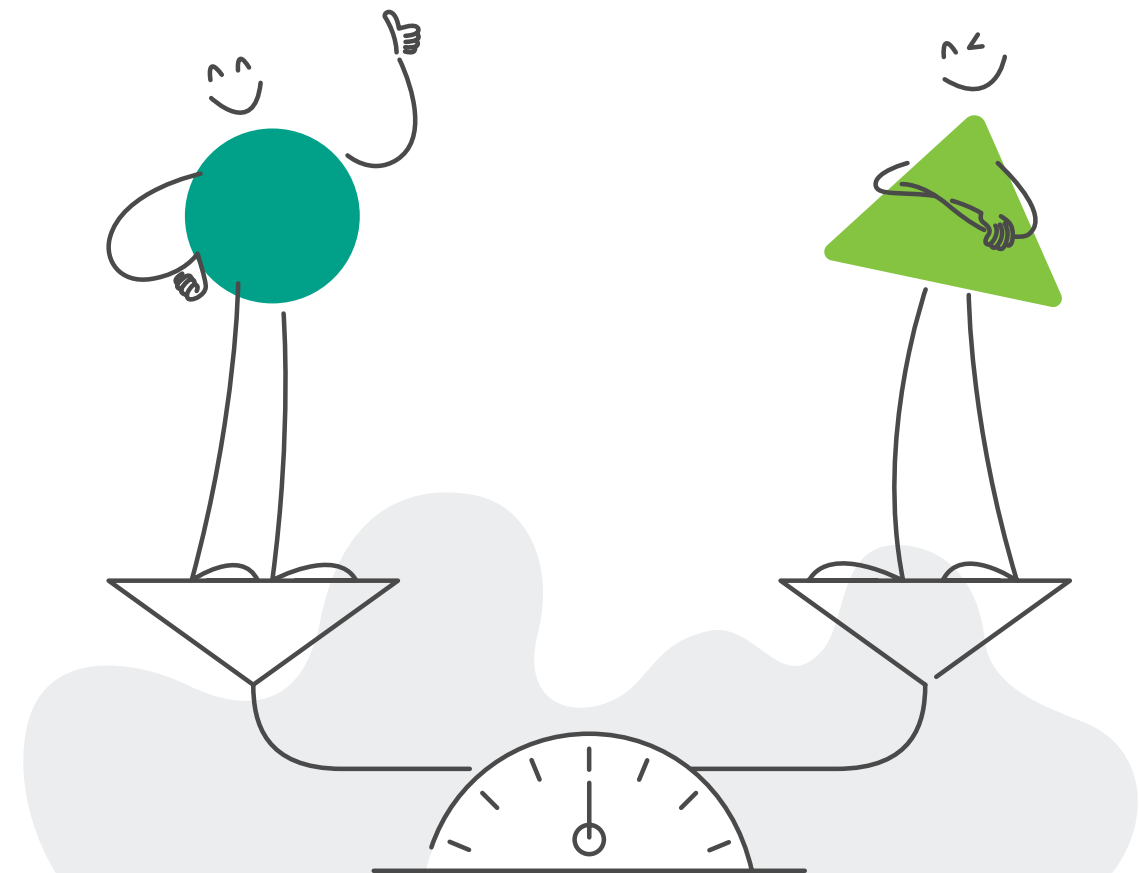
7.1.2. Avsaknad av en nationell plan

I samband med behovet av nationell samordning behövs en nationell plan. Planen behöver inte nödvändigtvis vara ett dokument i sig. Det viktiga är ett samordnat tillvägagångssätt där varje aktör vet vad som ska göras där det finns en gemensam strategi och förmåga att exekvera. Sverige har för närvarande ingen nationell plan eller strategi för kompetensförsörjning kopplat till batterivärdekedjan. Att ha en plan skulle skapa en gemensam referenspunkt för att styra kompetensutvecklingen för utbildningssektorn och ge den stabilitet och trygghet som industrin behöver för att göra investeringar på området.



FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Utveckla prestationsmått och implementera dessa i ett återkommande kontrollsystem för att kontinuerligt utvärdera systemets prestanda och resultatet av en nationell plan för att säkerställa effekten.
- Utveckla planer och strategier som möjliggör ökat samarbete, resursutnyttjande och digital infrastruktur för att öka tillgängligheten, dynamiken och volymen.



7.1.3. Bristande intresse och förståelse för batterivärdekedjan

Flera intressenter framhåller ett bristande intresse för batterivärdekedjan från studenter och yrkesverksamma i Sverige. Det finns kurser och utbildningsprogram som är relevanta för delar av batterivärdekedjan samt för att klara av elektrifieringsövergången. Dessa har ofta utvecklats tillsammans med nyckelaktörer inom industrin för att säkerställa relevans. Dessa riktar sig till både yrkesverksamma och studenter som för närvarande är inskrivna i utbildningssystemet. Utbildningsväsendet upplever dock ett bristande engagemang och incitament från

industrin för att skicka personal på utbildningar och/eller uppmuntra dem att fullfölja kurser/program. Detta leder till ett lågt antal inskrivna på utbildningar och följaktligen begränsad finansiering, vilket gör att skolorna antingen väljer att lägga ner programmet eller slutar att kontinuerligt uppdatera innehållet. Detta visar på motstridiga signaler från industrin som ändå kräver fler utbildningsprogram. Om yrkesverksamma personer behöver vidareutbildning, varför gör inte industrin mer för att stötta akademien? Eller ligger problemet någon annanstans? Ytterligare under-

sökningar behövs för att förstå var hindren för ökat engagemang finns. Flera potentiella grundorsaker till problemet har dock lyfts under intervjuerna och workshopen. Detta kan till exempel bero på bristande erfarenhet av att arbeta kontinuerligt och strategiskt med vidareutbildning och omställningsfrågor inom ramen för det befintliga (offentliga) utbildningssystemet, att utbildningarna brister i relevans, otillräcklig förmåga från industrin att identifiera sina kompetensbehov och matcha dessa behov med motsvarande utbildning, samt att formatet på dagens utbildningar gör det svårt att kombinera med en anställning.

En annan förklaring till varför det är svårt att fylla de platser som lyfts fram i intervjuerna är att den potentiella arbetskraften inte är övertygad om att batterirelaterade kurser och utbildningsprogram kommer att säkra en framtida anställning. Rädslan för att investera tid och energi (och ibland pengar) i en utbildning som rör batterivärdekedjan och inte landa en anställning efteråt är berättigad. Människor fattar beslut utifrån den tillgängliga information de har till hands, och idag vi vet inte säkert om Sverige kommer att lyckas skapa en internationellt konkurrenskraftig miljö på lång sikt.

Insatser för att öka förståelsen för batterivärdekedjan och uppmuntra till vidareutbildning anses nödvändiga. Medan vissa ser att det finns behov av fler marknadsföringsinsatser för specifika delar av batterivärdekedjan, ser andra ett behov av att marknadsföra hela branschen för att öka intresset för att söka utbildningar och jobb inom området. Det finns också ett behov av att förenkla vidareutbildningen samt omställnings- och kompetensstöd riktade mot yrkesverk-

samma. Detta är en viktig aspekt att omhänderta för att öka kompetensen inom detta område. Initiativ riktade för att stänga kompetensgapet kommer inte att bli framgångsrika om intresset för att söka och arbeta inom branschen är lågt. Marknadsföring av batteribranschen samt vidareutbildning har inte bara lyfts som en nödvändig insats i en svensk kontext, utan även på europeisk nivå för att öka medvetandet kring en bransch som historiskt sett huvudsakligen funnits i Asien.



FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Utveckla incitament och öka möjligheterna till distansutbildning för yrkesverksamma och befintlig arbetskraft inom industrin för att vidareutbilda sig genom ökad digital utbildning.
- Utveckla ett "utbildningspaket", ett levande dokument med uppgifter om vilka kompetenser som behövs och relaterade arbetstillfällen för att vägleda studenter och yrkesverksamma att "anställa sig själva" utifrån industrins efterfrågan.
- Utnyttja och marknadsföra digitala initiativ som kompetensmatching.se för att visualisera utbildningar samt informera industri och akademi om tillgängliga utbildningar och existerande kompetensgap.
- Öka marknadsföringsinsatser för att visa på potentiella jobbmöjligheter, karriärvägar och branscher och hur dessa är kopplade till olika utbildningsprogram.
- Utveckla långsiktiga strategier och öka insatserna för marknadsföring mot yngre personer för att öka branschens attraktionskraft över tid.

7.2. Utmaningar inom utbildningssystemet

I det här kapitlet diskuteras utmaningarna i det nuvarande utbildningssystemet och behovet av ett mer dynamiskt och modulärt utbildningssystem, utmaningarna i samband med

de olika meriteringssystemen i akademien och svårigheten att utveckla nischade utbildningar på grund av studentersättningssystemet (studentpengen).

7.2.1. Behov av ett mer dynamiskt och modulärt utbildningssystem

Övergången till en hållbar batterivärdekedja, tillsammans med liknande övergångar i närliggande områden kopplade till elektrifieringen av samhället, har ökat trycket på att utbilda och omskola en stor del av arbetskraften i en snabbare takt än vad som tidigare har krävts. Digitala verktyg ger nya möjligheter till samarbete och flexibilitet för att skala upp utbildningsinsatser. Digitala kurser som utvecklats av ett fåtal experter och lärare längs hela den internationella batterivärdekedjan skulle därför kunna integreras som modulära komponenter i befintliga utbildningsprogram. Detta skulle göra det möjligt för det svenska utbildningssystemet att "lägga rälsen medan man kör" och erbjuda relevant kompetens samtidigt som man väljer var det är strategiskt smart att involvera extern utbildningskapacitet. Vidare finns det implikationer att grundstommen för batterirelaterad utbildning längs värdekedjan finns på plats, men att programmen kan behöva paketeras om och skräddarsys för att passa batterivärdekedjans nuvarande behov och kapacitetsbehov. De nuvarande utbildningssystemen uppfattas dock som stela med låg flexibilitet och långa interna ledtider. Det kan ta två (2) år att

uppdatera och/eller införa större förändringar i nuvarande kurser och program. Även om kontinuerliga och stegvisa förbättringar av befintliga kurser inte påverkas i lika hög grad minskar möjligheterna att samarbeta kring undervisning och möjligheten att använda den befintliga infrastrukturen som utgångspunkt och addera specifika och/eller externa kurser som modulära delar i befintliga program.

Dessutom påvisade data från intervjuerna att gymnasieprogram ofta förvaltas och skapas utifrån idén att de kompetenser som behövs i olika branscher kan läras ut som separata silos. Den kompetens som behövs för att specialisera sig inom batterivärdekedjan är dock spridd över olika kunskapsområden och förmågor. För yrkesutbildning och vuxenutbildning (VUX) är systemet mer flexibelt. Tillsammans med branschen har de utvecklat skräddarsydda program och kurser (dvs. MOOCs som rör batterier) för att vidareutbilda yrkesverksamma. De kommuner som erbjuder vuxenutbildning och har skräddarsytt innehållet för att vidareutbilda yrkesverksamma måste dock prioritera personer som står långt ifrån arbetsmarknaden.



FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Förkortad visumprocess för internationell expertis för att öka kapaciteten.
- Användning av digitala verktyg för att göra utbildning mer tillgänglig.
- Utbildningsväsendet bör kontinuerligt engagera sig i samarbete mellan industri och akademi när det gäller övergången till/utvecklingen av en hållbar batterivärdekedja.
- Skapa incitament för att tillgodose efterfrågan i tidiga skeden av övergången till en hållbar batterivärdekedja, t.ex. när efterfrågan är låg men strategisk kunskap är av vikt.
- Utveckla ett system som gör det lättare för näringslivet att delta i forskning och undervisning och stödja dessa samarbeten både på kort och lång sikt.
- Akademin måste kunna reagera och exekvera snabbt på nya samordnade initiativ och om möjligt med en högre grad av digital utbildning för att möjliggöra fler deltagare.
- Finansiella incitament och lämpliga mandat för att förenkla starten och/eller återinförandet av ett utbildningsprogram och/eller en kurs.
- Ekonomiska incitament och lämpliga mandat för att ha möjlighet till att bedriva strategiska utbildningsprogram med få individer om ett gap identifieras.
- Möjlighet att tillfälligt öka ansökningsperioden/studentmottagningen för riktade program/kurser till t.ex. fyra (4) gånger per år i stället för en gång per år för att öka anpassningsbarheten för ny kunskap.

7.2.2. Olika meritssystem inom den akademiska världen

Yrkeshögskolan och den högre utbildningen är två separata system med olika meritssystem. Detta har lyfts fram som en utmaning av vissa, medan andra har varit positiva till strukturen. Att ha två skilda system gör det svårt för människor att vidareutbilda sig efter att ha gått i yrkesskolan. Deltagarna i intervjuerna tog upp farhågor om att utbildning från yrkesskolor ses som mindre värdefull på grund av de olika meritssystemen. Dessutom finns det ingen översättning av meriter som möjliggör ett smidigt

byte mellan olika utbildningsnivåer. Vidare finns det ingen fastställd standard för validering av kunskaper som förvärvats vid yrkesskolor eller av personer som arbetar inom industrin. Validering av kunskaper för personer som behöver vidareutbildas eller om-skolas har uppmärksamats av det europeiska utbildningsområdet, där man har föreslagit utveckling av en europeisk standard för mikro-certifieringar för validering av kunskaper som förvärvats genom kortare utbildningsmoduler.



FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Utveckla standardiserade modeller för validering av befintlig kunskap.
- Ökat kunskapsutbyte mellan olika utbildningsnivåer för att stärka utbildningen från yrkesskolor.
- Stärka bilden av yrkeshögskolan.
- Delta i EU-initiativet kring utvecklingen av ett gemensamt ramverk för mikrocertifieringar.



7.2.3. Studentersättningssystemet - studentpengen

Den ekonomiska incitamentsmodellen inom den svenska utbildningssektorn - även refererad till som "studentpengen" - har lyfts fram som en utmaning när näringslivet efterfrågar specifika kompetenser eller områden. I dag är fördelningen av utbildningsplatser "rättvist fördelad" mellan olika kompetensområden. Nischade utbildningsprogram eller kurser med ett lågt antal studenter är dyrare att utveckla och upprätthålla än bredare utbildningsprogram, ett sådant exempel är utbildningar uppströms i värdekedjan. På grund av detta kan det vara utmanande att genomföra mer nischade utbildningar även om antalet inskrivna är tillräckligt stort för att möta industrins efterfrågan. Det är viktigt att belysa att vissa utbildningsprogram kan vara avgörande för att bygga en konkurrenskraftig och hållbar batterivärdekedja även om antalet personer som utbildas är lågt. När det gäller kompetens och kapacitet finns det områden som kommer att kräva ett stort antal arbetstagare, så som processoperatörer, medan andra områden kräver färre personer men med mer specifika kompetensbehov. Dessutom är det viktigt att förstå den övergripande marknadsdynamiken för att undvika att kannibalisera närliggan-

de branscher eller utarma hälso- och sjukvårdsinstitutioner på arbetskraft. Att lägga ner utbildningsprogram och kurser kan potentiellt leda till att man förlorar utbildningsmöjligheter som är eller kommer att vara avgörande för att utveckla en hållbar batterivärdekedja. Ett exempel som togs upp var att utbildningar kopplat till gruvdrift läggs ned i stora delar av Europa, vilket potentiellt skulle kunna leda till stora kompetensluckor inom detta område i framtiden. Lärare har följaktligen svårt att prioritera och matcha program och kurser med industrins kapacitets- och kompetensbehov på grund av nuvarande incitamentsstrukturer i utbildningssystemet. Det är en utmaning att öka kapaciteten även om kompetensen finns inom utbildningssektorn och det finns en efterfrågan från industrin. Genom Högskolereformen år 1993 reformerades dessutom den högre utbildningen så att den bygger på individuella val av utbildning snarare än på arbetskraftsefterfrågan från industrin. Det finns alltså en överhängande risk att kurser och program riskerar att ställas in trots att efterfrågan från industrin är stor om studenternas motivation att söka är låg.

FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Regeringen bör skapa incitament för universiteten att ta hjälp av varandra eller ingå avtal med varandra om specifika kurser för att dela resurser.
- Analys av vilka nischade utbildningar som krävs för att utveckla batterivärdekedjan.
- Riktad finansiering från näringslivet och/eller regeringen för utbildning som efterfrågas av näringslivet.
- Regeringen bör se till att universiteten fortfarande kan genomföra viktiga kurser och program även om det är få studenter som deltar.

7.3. Att bibehålla kvaliteten och samtidigt öka tillgängligheten och kapaciteten av utbildning

I detta kapitel diskuteras behovet av ökad effektivitet i fråga om mänskliga och strukturella resurser när det gäller

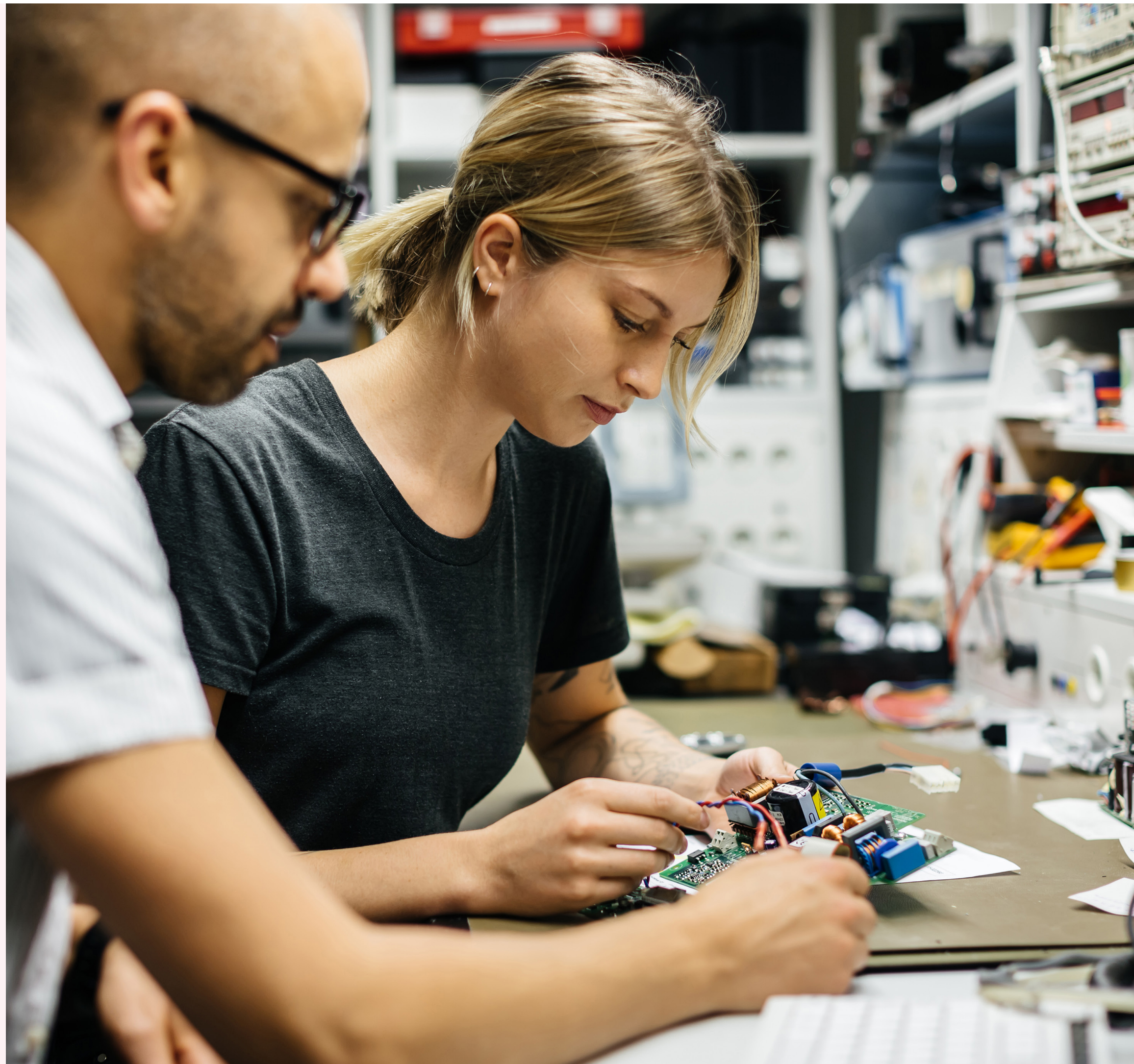
att öka utbildningsinsatserna och bibehålla kvaliteten.

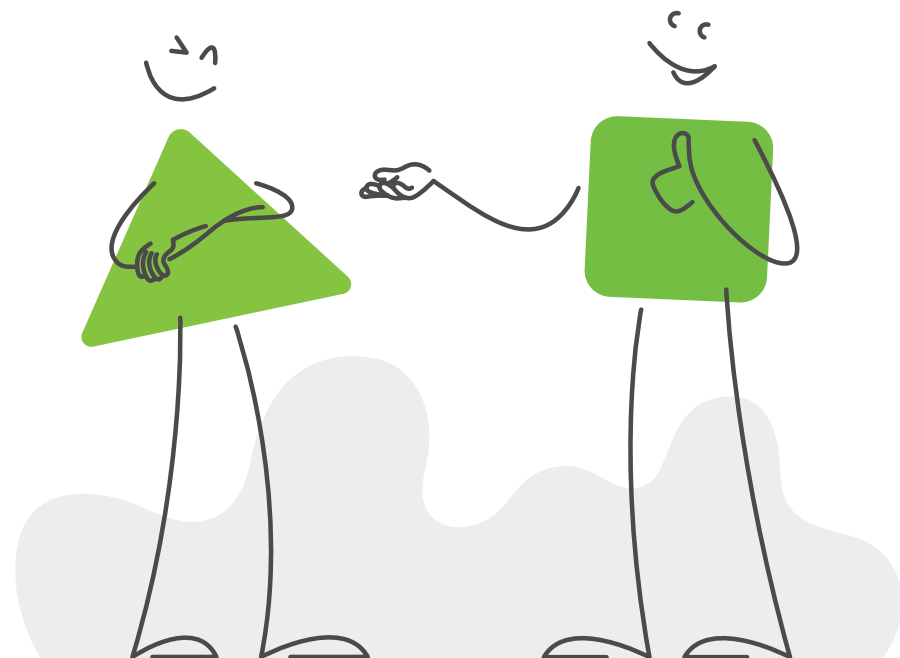
7.3.1. Otillräcklig kompetenshantering längs hela värdekedjan

Sverige har otillräckliga utbildningsresurser, inte bara i kapacitet utan också kopplat till (rätt) kvalitet/kompetens hos lärarna längs hela värdekedjan. Utbildningsväsendet upplever således en brist på lärare som både kan utveckla och undervisa i program och kurser som näringslivet anser vara värdefulla och attraktiva. Eftersom batterirelaterad forskning går så snabbt måste forskare inom akademien ägna mycket tid åt att hålla sig uppdaterade och bidra till den senaste forskningen. Om man dessutom lägger till förväntan på att undervisa finns det begränsad tid över för att utveckla nytt kursmaterial om mer ele-

mentära (men värdeskapande) aspekter av batterirelaterade ämnen. Dessutom upplever flera respondenter inom akademien en ökning av administrativa uppgifter. Samarbete mellan de nordiska länderna för att (på kort sikt) åtgärda lärarbristerna längs hela värdekedjan är en möjlig lösning. Uppdragsutbildningar är en annan möjlig lösning på grund av de långa ledtiderna inom utbildningsväsendet. En konsekvens av sådana riktade insatser är dock att akademien behöver kämpa för att behålla kompetens och resurser efter att utbildningsprogrammen avslutats. Behovet av långsiktiga investeringar

i både forskning och utveckling av utbildningsprogram har betonats under hela studien. Det är svårt att utbilda den mängd människor som behövs på kort sikt utan att äventyra kvaliteten eller bibehålla kunskap på lång sikt. Projektfinansierade utbildningar har varit ett bra sätt för att utveckla och tillhandahålla specifika program eller kurser snabbt. Universitet och yrkesskolor har dock problem med att upprätthålla och vidareutveckla projektfinansierade utbildningar efter det att projektet, och därmed finansieringen, har upphört. Det finns flera orsaker till detta, från brist på lärare, lågt söktryck där få individer (i synnerhet från industrin) väljer att både söka och avsluta utbildningen, till brist på kompetens inom universitetet eller yrkesskolan. Detta ger upphov till utmaningar för att behålla kompetensen inom ämnesområdet och därmed att vidareutveckla utbildningen och den senaste forskningen inom området. Det här i sin tur gör det svårt att behålla eller öka kvaliteten på utbildningen. Vidare blir det svårt att investera i utbildningsprogram som är mer kostsamma att utveckla och underhålla (t.ex. på grund av laboratorieutrustning eller komplexa kompetensbehov), eftersom det finns en risk för att den interna kompetensen går förlorad. Ett annat uttalat problem är bristen på strukturerade modeller för att vidareutbilda lärare inom olika utbildningsnivåer.





FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Undersöka möjligheten att involvera lärare från industrin i kurserna.
- Stimulera incitament för att "train the trainer" längs hela värdekedjan för att sprida kompetens både nationellt och mellan olika utbildningsnivåer.
- Stimulera incitament för att utveckla, implementera och kontinuerligt utvärdera gemensamma "digitala paket" med specifika och certifierade kompetenser/program som uppdateras kontinuerligt (och som är kopplade till toppforskning om så är tillämpligt) och som kan distribueras nationellt. Det här för att varje skola inte ska bygga upp liknande kompetenser på varje campus och för att säkerställa utbildningens kvalitet.
- Utveckla incitament för att främja delning och utnyttjande av resurser digitalt, t.ex. infrastruktur för forskning och innovation, lärare och forskare.

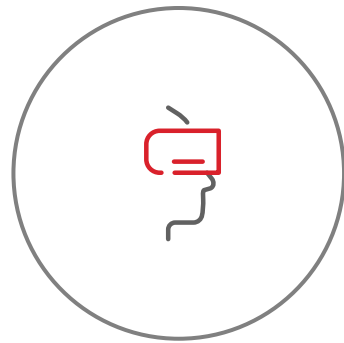


7.3.2. Brist på forskningsinfrastruktur och praktisk erfarenhet

Flera universitet påpekade att det saknas laboratriekapacitet och/eller industriell infrastruktur som behövs för forskning och utbildning av studenter inom mer praktiska områden med anknytning till batterivärdekedjan. Exempel på områden som togs upp är celltillverkning och processkemi. De praktiska erfarenheterna och kunskaperna från laboratorier och övningsanläggningar anses vara mycket värdefulla för att förbereda den framtida arbetskraften. Detta gäller både yrkesutbildning och högre akademisk utbildning. Bristen på laboratorieanläggningar inom områden som processkemi kan bero på att denna typ av batteritillverkning är ett ganska nytt område i Sverige. Finansiering har lyfts fram som en av de största utmaningarna, eftersom inrättandet och underhållet av infrastruktur är kostsamt. Universitet vittnar om att laboratorieutrustning säljs eftersom det inte är ekonomiskt lönsamt att underhålla och betala hyra för anläggningarna. Dessutom finns det områden i batterivärdekedjan där inga ekonomiska enheter är aktiva ännu. Därför kan endast gemensamma/offentliga resurser

användas för utbildning. En viktig utbildningsmiljö kan behöva skapas fysiskt, virtuellt eller delas med andra länder för att uppfylla avsikten att påskynda etableringen av en hållbar batterivärdekedja.

Det finns möjligheter att samarbeta med industrin i denna fråga. Utmaningen i detta fall kan dock vara att industrin behöver sin laboratorieinfrastruktur för sina dagliga arbetsuppgifter. Om Sverige ska utveckla konkurrenskraftig kompetens inom områden som processkemi sägs praktiska erfarenheter vara avgörande. Digitala lösningar kan också bidra till utvecklingen av praktisk erfarenhet och hjälpa till att avlasta behovet av fysisk infrastruktur. Ett alternativ är att använda lösningar för virtuell verklighet (VR) för att utveckla onlinemiljöer som simulerar industrier eller laboratorier. Det betonades dock också att VR-lösningar kanske inte kan täcka alla olika områden och att det sannolikt alltid kommer att finnas ett behov av praktisk erfarenhet, åtminstone inom en överskådlig framtid.



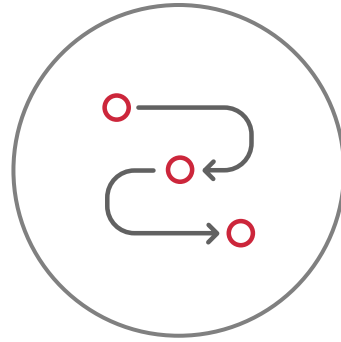
FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Långsiktiga investeringar i laboratorieutrustning och industriell infrastruktur som är öppen och tillgänglig för utbildningssektorn.
- Undersöka industrins möjligheter att öppna sin interna utbildningsutrustning så att den kan användas av studenterna under delar av året.
- Stärka det nordiska samarbetet för laboratorieinfrastruktur
- Utveckling av VR-lösningar (virtuell verklighet) för att minska behovet av laboratorieutrustning/industriell infrastruktur. Ytterligare analysera möjligheterna att utveckla VR-lösningar på nationell, nordisk och/eller europeisk nivå.
 - Industrin måste specificera sina behov och vara öppna eller komma överens om en viss grad av öppenhet när det gäller sina processer och dela med sig av data för att kunna utveckla verklighetsförankrade lösningar.
 - Akademien måste öka öppenheten och vara villig att använda ny teknik, däribland VR-lösningar.
 - Regeringen måste hjälpa till med finansiering och hosting av nationella databaser för VR-miljöer.

7.3.3. Brist på infrastruktur för kunskapsöverföring mellan akademien och industrin

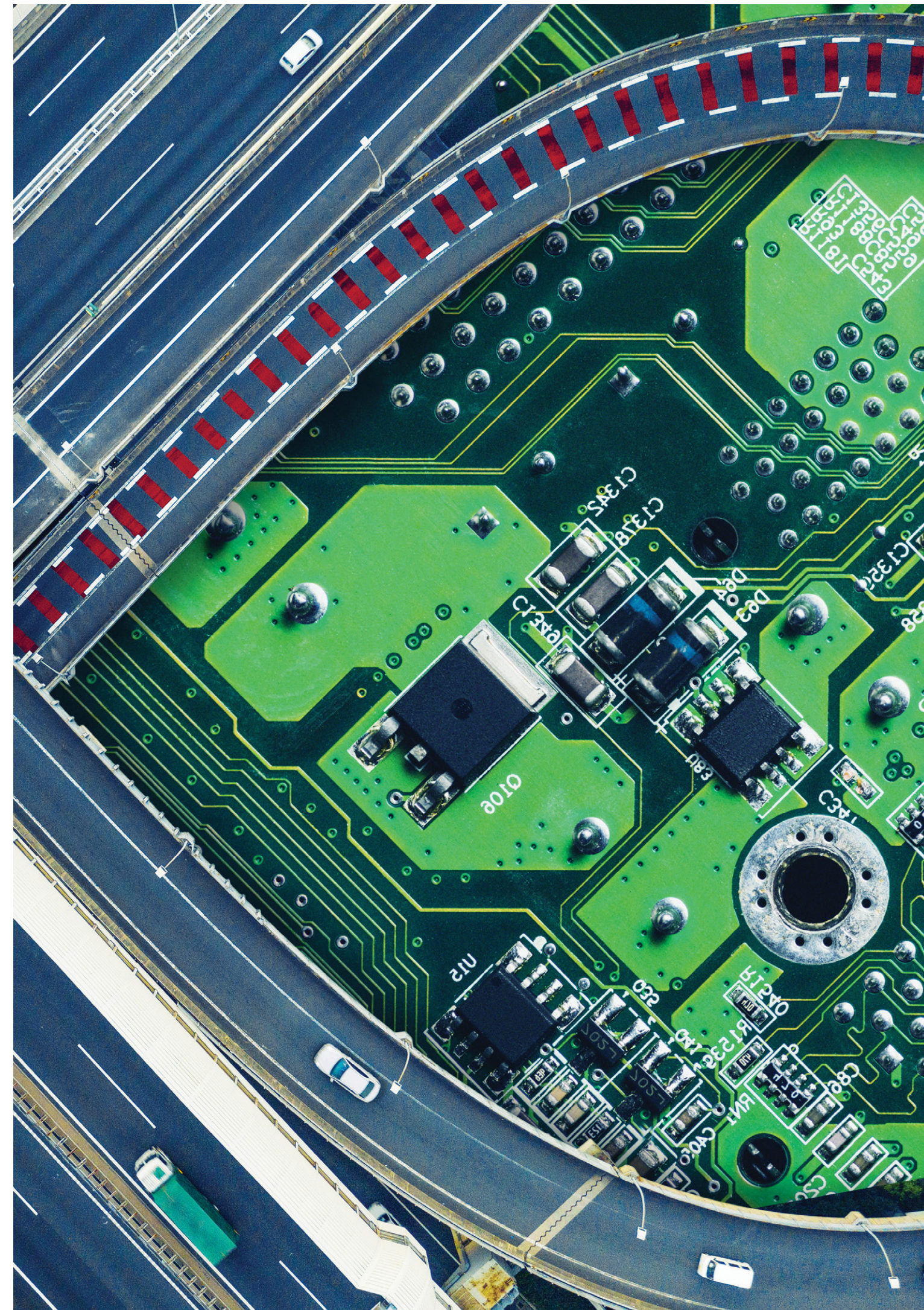
Det finns en brist på kunskapsöverföring mellan utbildningsväsendet och industrin. Både av de kompetenser som behövs, men även de insikterna om hur gapet ska överbryggas är spridda mellan olika aktörer inom industrin, högre utbildningsinstitutioner och myndigheter. Under intervjuerna och workshopen framhölls att det finns en akut upplevd brist på både finansiering och långsiktiga investeringar i infrastruktur för att främja forskning och innovation. Det är avgörande att förstå kopplingen mellan forskning, innovation och utbildning för framtida arbetskraft och nya företag i en hållbar batterivärdekedja. Den kompetens som behövs består både av ny och befintlig kunskap, batterivärdekedjan är ett relativt nytt område som håller på att utvecklas och en hållbar sådan bidrar även till nya kompetenser som efterfrågas av industrin. Med tanke på detta är forskningen mycket viktigt för att utveckla ny kompetens och ligga i framkant i en ny bransch. Det behövs därför finansiering både för forskning och för att utveckla nya utbildningsprogram och kurser och det är ibland svårt att skilja mellan de två områdena, eftersom den kompetens som erhålls genom forskning ska överföras till utbildningen. Det saknas ofta infrastruktur för distribution och

utbyte av viktiga insikter, data och kunskap från innovationsmiljöer till utbildningssektorn på nationell och nordisk nivå. Ytterligare initiativ för att dela data kan hindras om data genereras i silos eller delas i separata delar av värdekedjan, vilket kan leda till att forsknings- och innovationsmöjligheter samt tvärvetenskaplig forskning och utbildning missas. Det är viktigt att data definieras, struktureras och finns tillgänglig i ett format som gör det användbart för att säkerställa skalbarhet. Vidare måste processer och metoder införas för att se till att insamling, förståelse och dokumentation av den typ av data som hanteras är en integrerad del av arbetssättet. Utan samarbete kan ny forskning redan vara gamla nyheter för branschen. Eftersom resurserna är knappa och tiden är knapp måste akademien och industrin vara överens om vad som behöver göras för att se till att akademien kan fortsätta att utveckla befintlig kunskap och förstå framtida områden för kompetensutveckling. Dessutom finns det endast ett fåtal exempel på strukturerat samarbete och kompetensöverföring mellan universitet och/eller näringsliv till gymnasieskolan, yrkesutbildning och vuxenutbildning (VUX). Detta behöver stärkas eftersom merparten av arbetskraften kommer att finnas på yrkesnivå.



FÖRESLAGNA ÅTGÄRDER:

- Behovet av långsiktiga investeringar och kontinuerlig finansiering av forskning, eftersom den är nära kopplad till utbildning och utveckling av framtida arbetskraft i en hållbar batterivärdekedja.
- Högre grad av kunskapsutbyte mellan industrin och akademien. Industrin ligger ibland före på grund av rekrytering av (internationell) expertis.
- Användning av digitala verktyg för att sprida resultat och viktiga insikter från innovationsmiljöer. Dessutom bör åtgärder vidtas för att strukturera kunskapen för att öka tillgängligheten och räckvidden.
- Utveckling av miljöer för kunskapsutbyte, t.ex. forsknings- och kompetenscentrum. Forsknings- och kompetenscentra måste dela med sig av kunskap till en bredare publik och inte bara mellan akademien och industrin.
- Skapa ett samordningsnätverk med mekanismer som ger förutsättningar för ett konstruktivt och aktivt deltagande från akademien och industrin.





8. Slutsatser

Nedan följer en översikt av de rekommendationer som är kopplade till slutsatserna och de föreslagna åtgärder för att överbrygga kompetensgapet. Insikterna bör ses som ett bidrag till det fortsatta arbetet med att överbrygga gapet och kräver fortsatt utredning. De åtgärder som föreslås i denna studie har relevans för andra nuvarande och framtida teknikskiften och kompetensövergångar.

Mot en hållbar batterivärdekedja.

Att utveckla en hållbar batterivärdekedja är avgörande för att uppnå Sveriges mål om ett fossilfritt välfärdssamhälle, nettonollutsläpp och för att säkerställa den svenska industrins framtida (hållbara) konkurrenskraft. Därför är det avgörande att säkerställa att även själva batterierna blir hållbara. Hur dessa batterier utformas, tillverkas och integreras i ekonomin kommer att definiera deras miljöpåverkan för kommande generationer. Därför är en cirkulär ekonomi för batterier avgörande för att förhindra att en av lösningarna på den nuvarande klimatkrisen blir orsaken till en ny sådan. Det kan stärka den svenska konkurrenskraften genom att erbjuda nya vägar för dematerialiserat värdeskapande (frikoppling av värdeskapande från resursförbrukning). Övergångens komplexitet och mångfacetterade karaktär kräver dock att flera vägar

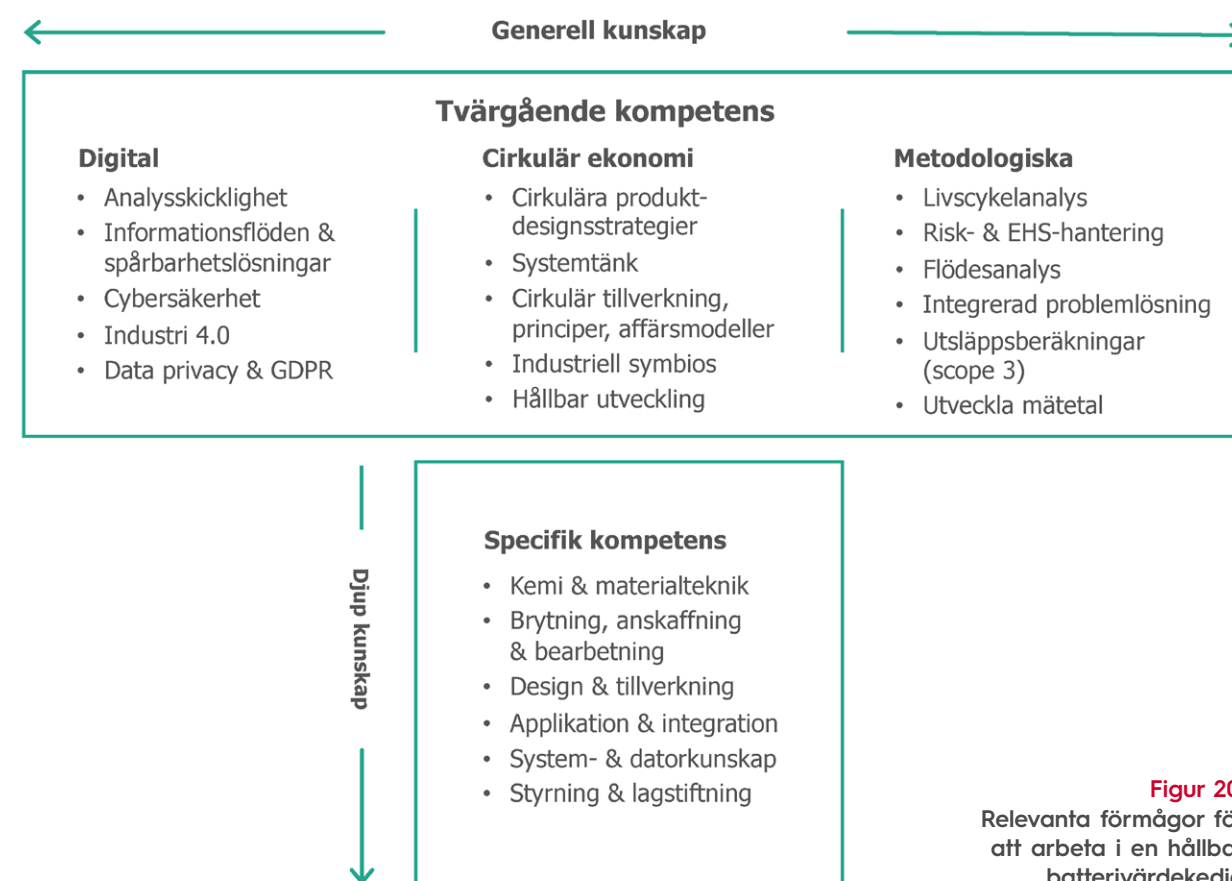
utvecklas parallellt. Gemensamt för alla dessa vägar är behovet av kompetens.

En sällan skådad utmaning för utbildningsväsendet. Med EU:s mål att vara självförsörjande genom en obruten europeisk batterivärdekedja senast år 2025 byggs produktionskapacitet upp i snabb takt runt om i Europa. Däremot är det brist på kvalificerad arbetskraft och kompetens för att nå målet, eftersom marknaden fortfarande domineras av Asien. Den stora mängd kompetens som behövs på så kort tid är den första prövningen av dess slag för Europas (och Sveriges) utbildningsväsende. För att kunna skala upp Sveriges roll i den europeiska batterivärdekedjan på ett adekvat sätt behövs insatser på flera fronter; från att förstärka befintliga strukturer för kompetensförsörjning till att utforma nya flexibla utbildningsprogram och stärka det nordiska samarbetet.

8.1. Behov av helhetsförståelse för att göra batterivärdekedjan hållbar

Även om flera steg i batterivärdekedjan är starkt beroende av specialistkompetens finns det ett stort behov av holistisk förståelse och kunskap för att säkra hållbarhetsperspektivet över hela batterivärdekedjan. Det kommer att vara ytterst relevant att utbilda individer med systemtänk och som besitter allmän kunskap om hela batterivärdekedjan, men som också kan hantera specifika discipliner med anknytning till värdekedjan. Detta är särskilt viktigt för att säkerställa batterivärdekedjans cirkuläritet, eftersom företagen måste förstå hur deras verksamhet påverkar andra aktörer uppströms och nedströms och för att kunna anpassa sig till nya (digitala)

tekniker, batterikemier och framtidens energisystem. Förutom dessa allmänna kompetenser inom cirkulär ekonomi, metodik och digital kompetens finns det två grupper av kompetenser som anses vara särskilt viktiga. Den första är kompetens om hur batterier tillverkas, fungerar och integreras i olika system. Den andra är kompetens om hur man kan öka batteriers livslängd, möjliggöra goda återvinningsmetoder (t.ex. genom att designa för demontering och återvinning) och hantering vid end-of-life. Se Figur 20 för en översikt över allmänna och specifika färdigheter kopplade till den hållbara batterivärdekedjan.



Figur 20.
Relevanta förmågor för att arbeta i en hållbar batterivärdekedja

8.2. Identifierade utmaningar och åtgärder

För att utveckla ovannämnda förmågor och överbrygga kompetensgapet för batterivärdekedjan pekar denna studie på tre huvudområden (se kapitel 7) som behöver stärkas:



1. Behov av samordnade insatser för batterivärdekedjan

- a. Brist på nationell och nordisk samordning
- b. Avsaknad av en nationell plan
- c. Bristande intresse och förståelse för batterivärdekedjan

2. Utmaningar inom utbildningssystemet

- a. Behov av ett mer dynamiskt och modulärt utbildningssystem
- b. Olika meriteringssystem inom den akademiska världen
- c. Studentersättningssystemet - studentpengen

3. Att bibehålla kvaliteten och samtidigt öka tillgängligheten och kapaciteten av utbildning

- a. Otillräcklig kompetenshantering längs hela värdekedjan
- b. Brist på forskningsinfrastruktur och praktisk erfarenhet
- c. Brist på infrastruktur för kunskapsöverföring mellan akademien och industrin

Med tanke på kunskapens halveringstid är det troligt att vissa av de specifika ämneskompetenser som beskrivs för den hållbara värdekedjan för batterier kommer att förändras med tiden. Samtidigt är gapet mellan utbud och efterfrågan redan stor, och om inga åtgärder vidtas befaras gapet öka. För att kontinuerligt undersöka och följa upp behovet av kompetensförsörjning behövs nationell och nordisk samordning på området. Förmågan att leve-

rera den kompetens som krävs för förändring och konkurrenskraft har ett starkt samband med kompetensnoder för forskning och innovation. Därför är det motiverat att stärka lämpliga kompetensnoder och infrastrukturer, etablera nationell och nordisk samordning samt främja flexibilitet i utbildningssystemet genom modulära program och ökad tillgänglighet för studenter och yrkesverksamma, både fysiskt och virtuellt.

8.3. Potentiella effekter och konsekvenser

Stärkt samordning på nationell och nordisk nivå skapar förutsättningar för att snabbt överbrygga kompetensgap längs värdekedjan, stärka nordiska konkurrensfördelar och möjligheten att erbjuda ett mer komplett utbildningsutbud på ett snabbt och dynamiskt sätt. Att främja en nordisk strategi stärker dessutom forsknings- och innovationssamarbetet inom regionen och kan fungera som en pilot för ökat internationellt samarbete inom forskning, innovation och kompetensförsörjning. Starka och konkurrenskraftiga forsknings- och innovationsmiljöer skapar förutsättningar för ökad tillgång till lärare och doktorander med rätt kompetens.

Att utveckla redan starka miljöer och organisera kompetensutveckling samt öka tillgången till utbildning, både fysisk och virtuell, är avgörande för att möta den stora efterfrågan som finns i näringslivet och därmed säkerställa svensk konkurrenskraft och välfärd.

Att skapa förutsättningar för ett modulärt och dynamiskt utbildningsutbud, som kan anpassas efter behov, och där det är möjligt att sömlöst röra sig mellan olika utbildningsnivåer kommer att vara avgörande för möjligheten att erbjuda studenter och yrkesverksamma rätt utbildning med hög tillgänglighet oavsett geografisk hemvist.

Att öka andelen infrastruktur för forskning och innovation samt att öka tillgängligheten till dessa miljöer, även för studenter, yrkesverksamma och mellan utbildningsnivåer, påverkar i hög grad Sveriges förmåga att möta behovet av forskning och innovation, men också kompetensförsörjningen. Denna infrastruktur bör vara tillgänglig oberoende av studenternas hemvist och utbildningsnivå.

8.4. Överbrygga gapet

För att bidra till att överbrygga kompetensgapet behövs långsiktiga investeringar och ett samordningsuppdrag för att säkerställa kontinuerligt stöd för att främja en stabil miljö för industrin och den akademiska världen, som inkluderar:



- En samordningsnod för de aktörer, starka kompetensnoder och näringslivsrepresentanter samt berörda myndigheter inom området, för att kontinuerligt utveckla och följa upp arbetskrafts- och kompetensförsörjningsbehov, säkerställa koordinering och tillgänglighet ur ett nationellt och nordiskt perspektiv samt behov och tillgänglighet till forskning- och innovationsinfrastruktur.
- En initial utredning avseende behov av och tillgänglighet till forsknings- och innovationsinfrastruktur. Utredningen ska innehålla prioriterade åtgärdsförslag.
- En initial utredning avseende ökad tillgänglighet och flexibilitet till utbildning, inklusive potentialen och möjligheten att erbjuda modulära och dynamiska kurser. Utredningen ska innehålla prioriterade åtgärdsförslag.





9. Referenser

- [1] Transport Environment, «How clean are electric cars?»
[Available: https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/](https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/)
- [2] EIT RawMaterials och Fraunhofer, "Future experts needs in battery sector,"
[Available: https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2021/03/EIT-Raw-Materials-Fraunhofer-Report-Battery-Expert-Needs-March-2021.pdf](https://eitrawmaterials.eu/wp-content/uploads/2021/03/EIT-Raw-Materials-Fraunhofer-Report-Battery-Expert-Needs-March-2021.pdf)
- [3] European Commission, "Sustainable batteries in their full life-cycle," European Union,
[Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_2359](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_2359)
- [4] European Commission, "Press corner: Green Deal: Sustainable batteries for a circular and climate neutral economy," European Union, 10 December 2020.
[Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_2312)
- [5] European Commission, "Circular Economy Action Plan - For a cleaner and more competitive Europe,"
[Available: https://ec.europa.eu/environment/pdf/circular-economy/new_circular_economy_action_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pdf/circular-economy/new_circular_economy_action_plan.pdf)
- [6] Fossilfritt Sverige, "Strategi för fossilfri konkurrenskraft - en hållbar batterivärdekedja,"
[Available: https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2020/12/Strategi-for-en-hallbar-batterivardekedja.pdf](https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2020/12/Strategi-for-en-hallbar-batterivardekedja.pdf)
- [7] European Commission, "Education and Skills Task Force Position Paper,"
[Available: https://energy.ec.europa.eu/education-and-skills-task-force-position-paper_en](https://energy.ec.europa.eu/education-and-skills-task-force-position-paper_en)
- [8] BattKOMP, "Kompetansebehov i batteriindustrien (Norway)," 2021.
[Available: https://www.norskindustri.no/dette-jobber-vi-med/energi-og-klima/batteriindustrien/battkomp/](https://www.norskindustri.no/dette-jobber-vi-med/energi-og-klima/batteriindustrien/battkomp/)
- [9] ALBATTs, "Alliance for Batteries Technology, Training and Skills,"
[Available: https://www.project-albatts.eu/en/home](https://www.project-albatts.eu/en/home)
- [10] European Battery Alliance, "About Eba250: Value Chain," InnoEnergy,
[Available: https://www.eba250.com/about-eba250/value-chain/](https://www.eba250.com/about-eba250/value-chain/)
- [11] Nordiska Ministerrådet, "Vår vision 2030, De nordiska statsministrarna, Samarbetsministrarna,"
[Available: https://www.norden.org/sv/var-vision-2030](https://www.norden.org/sv/var-vision-2030)
- [12] Energimyndigheten, "Den nordiska batterivärdekedjan,"
[Available: http://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/affu/dokument/energimyndigheten_den-nordiska-batteriervardekedjan_del-1_final-rapport_2021-02-24.pdf](http://www.energimyndigheten.se/globalassets/forskning--innovation/affu/dokument/energimyndigheten_den-nordiska-batteriervardekedjan_del-1_final-rapport_2021-02-24.pdf)
- [13] Business Finland, Business Sweden, Innovation Norway och EBA250 - EIT InnoEnergy, "Nordic Battery Thursdays,"
[Available: https://nordic-battery-thursdays.b2match.io/home](https://nordic-battery-thursdays.b2match.io/home)
- [14] F. Blomsma och G. Brennan, "The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity," Journal of Industrial Ecology, 21(3), 603-614., 2017
- [15] ISO/TC 323 Circular Economy.
[Available: https://www.iso.org/committee/7203984.html](https://www.iso.org/committee/7203984.html)
- [16] J. Kirchherr, D. Reike och M. Hekkert, "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions," Resources, conservation and recycling, 127, 221-232., 2017
- [17] M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. M. Bocken och E. J. Hultink, "The Circular Economy-A new sustainability paradigm?," Journal of cleaner production, 143, 757-768., 2017
- [18] Ellen MacArthur Foundation, "Towards a Circular Economy and Business Rationale for an Accelerated Transition,"
[Available: https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition](https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition)
- [19] Ellen MacArthur Foundation, "Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe,"
[Available: https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe](https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe)
- [20] W. Stahel, The performance economy, 2010
- [21] Regeringskansliet, "Cirkulär ekonomi - strategi för omställningen i Sverige,"
[Available: https://www.regeringen.se/4a3baa/contentassets/619d1bb-3588446deb6dac198f2fe4120/200814_ce_webb.pdf](https://www.regeringen.se/4a3baa/contentassets/619d1bb-3588446deb6dac198f2fe4120/200814_ce_webb.pdf)
- [22] Tillvaxtanalys, "Marknadsbarriärer för återvinning av metaller,"
[Available: https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.7e06da27178d7492376d597b/1624540057541/Rapport_AU_2022_03_01_Marknadsbarri%C3%A4rer_f%C3%B6r_%C3%A5tervinning_av_metaller.pdf](https://www.tillvaxtanalys.se/download/18.7e06da27178d7492376d597b/1624540057541/Rapport_AU_2022_03_01_Marknadsbarri%C3%A4rer_f%C3%B6r_%C3%A5tervinning_av_metaller.pdf)
- [23] C. Westblom, Towards a Circular Economy in Sweden-Barriers for new business models and the need for policy intervention, IEEE Master thesis, 2015
- [24] Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, "Resource Effectiveness and the Circular Economy - Synthesis Report,"
[Available: https://www.iva.se/globalassets/rapporter/resurseffektivitet-och-cirkular-ekonomi/202004-iva-rece-syntesrapport-english-c.pdf](https://www.iva.se/globalassets/rapporter/resurseffektivitet-och-cirkular-ekonomi/202004-iva-rece-syntesrapport-english-c.pdf)
- [25] E. Kristoffersen, F. Blomsma, P. Mikalef och J. Li, "A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies," Journal of Business Research, 120, 241-261., 2020

- [26] European Policy Centre, "The circular economy: Going digital," 2020.
Available: <https://www.epc.eu/en/Publications/The-circular-economy-Going-digital-30c848>
- [27] European Commission, "Batteries and accumulators,"
Available: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en
- [28] Bloomberg New Energy Finance, "Electric Vehicle Outlook 2021,"
Available: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- [29] Prosess21, "Batteriverdikjeden: Prosess21 Ekspertnotat (Norway),"
Available: https://www.prosess21.no/contentassets/39713b28868a41858fc-2c8a5ff347c0b/prosess21_ekspertnotat_batteriverdikjeden_211220.pdf
- [30] Ş. e. a. Önsel, «A new perspective on the competitiveness of nations,» Socio-Economic Planning Sciences, vol. 42.4, pp. 221-246, 2008.
- [31] A. J. Smith, «The competitive advantage of nations: is Porter's Diamond Framework a new theory that explains the international competitiveness of countries?,» Southern African business review, vol. 14, nr. 1, 2010.
- [32] M. E. Porter, Competitive advantage of nations: creating and sustaining superior performance, simon and schuster, 2011.
- [33] E. M. Porter og M. R. Kramer, «Creating shared value,» Managing sustainable business, pp. 323-346, 2019.
- [34] European Commission, "European skills agenda for sustainable competitiveness, social fairness and resilience,"
Available: <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=22832&langId=en>
- [35] A. Wiek, L. Withycombe och C. L. Redman, "Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development," Sustainability science, 6(2), 203-218, 2011.
- [36] K. Brundiers, M. Barth , G. Cebrián , M. Cohen , L. Diaz , S. Doucette-Remington, W. Dripps , G. Habron , N. Harré , M. Jarchow och K. Losch , "Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework," Sustainability Science, 16(1), 13-29, 2021.
- [37] UNESCO, "Education for Sustainable Development Goals: learning objectives,"
Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- [38] NTNU, "Bærekraftig Kompetanse (Norway),"
Available: <https://www.ntnu.no/documents/1286373847/1289915220/FTS+delrapport+1+-+B%C3%A6rekraftig+kompetanse.pdf/d4084ed0-2220-5d9d-82ca-19cd984ded-9d?t=1593197367498>
- [39] Circle Economy och Goldschmeding Foundation, "Closing the skills gap: Vocational education & training for the circular economy,"
Available: https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/608c0aa6fec4df0fa7bd78e4_20210422%20-%20CJ%20VET%20Paper%202%20-%20297x210mm.pdf
- [40] VET Toolbox, "Transferable skills in vocational education and training,"
Available: https://www.vettoolbox.eu/drupal_files/public/2019-08/Transferable%20skills.pdf
- [41] R. K. Yin, "Case study research and applications," Sage, 2018.
- [42] E. E. Area, «A European approach to micro-credentials,» European Education Area, 2022.
Available: <https://education.ec.europa.eu/education-levels/higher-education/micro-credentials>
- [43] European Training Network POLYSTORAGE, "European platform for outstanding doctoral training in the field of innovative polymers for next-generation electrochemical energy storage,"
Available: [European Training Network POLYSTORAGE \(polystorage-etn.eu\)](https://polystorage-etn.eu)
- [44] DESTINY, "Doctoral Programme on Emerging Battery Storage Technologies Inspiring Young Scientist,"
Available: <https://www.destiny-phd.eu/>
- [45] Universitets- och högskolerådet, "Referensramar för svenska kvalifikationer och examina,"
Available: <https://www.uhr.se/bedomning-av-utlandsk-utbildning/enic-naric-sverige/referensramar-for-svenska-kvalifikationer/>
- [46] Nordiska Ministerrådet, "Upper secondary education in Sweden,"
Available: <https://www.norden.org/en/info-norden/upper-secondary-education-sweden>
- [47] Regeringskansliet, "Ökad validering inom komvux ska stärka kompetensförsörjningen,"
Available: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/01/okad-validering-inom-komvux-ska-starka-kompetensforsorjningen/>
- [48] Universitets- och högskolerådet, "Det svenska utbildningssystemet,"
Available: <https://www.uhr.se/bedomning-av-utlandsk-utbildning/enic-naric-sverige/Det-svenska-utbildningssystemet/>
- [49] Myndigheten för yrkeshögskolan, "För arbetslivet,"
Available: <https://www.myh.se/yrkeshogskolan/for-arbetslivet>
- [50] Myndigheten för yrkeshögskolan , "Energi: Områdesanalys och inriktning | 2020,"
Available: <https://docplayer.se/184212802-Energi-omradesanalys-och-inriktning-2020.html>
- [51] Regeringskansliet, "Regeringen tillsätter en utredning om framtidens yrkeshögskola,"
Available: <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/10/regeringen-tillsatter-en-utredning-om-framtidens-yrkeshogskola/>
- [52] Tillväxtverket, "Strategisk kompetensförsörjning,"
Available: https://publektor.org/publication/Strategisk-kompetensforsorjning/6.3.1_Systemhinder_for_att_anpassa_innehall_i_formella_utbildningar_efter_arbetslivets_behov_
- [53] Universitets- och högskolerådet, "Examina på forskarnivå,"
Available: <https://www.uhr.se/studier-och-antagning/tilltrade-till-hogskolan/Examina-pa-universitet-och-hogskola/Examina-pa-forskarniva/>
- [54] Universitetskanslersämbetet, "Vad kostar forskarutbildningen?,"
Available: <https://www.uka.se/download/18.3834ed6a176840e14a513a67/1613994639755/Statistisk-analys-20210222-Vad-kostar-forskarutbildningen.pdf>

- [55] Luleå University of Technology, "Record investments in the north and the University's important role in the supply of skills," Available: <https://www.ltu.se/ltu/Organisation/Rektor/blogg/Om-miljardinvesteringarna-i-norr-och-universitetets-viktiga-roll-for-kompetensforsorjningen-1.206765?l=en>
- [56] MindDig, "Find your Dream Job in one of the happiest places on Earth," Available: <https://www.minddig.com/>
- [57] Universitetskanslersämbetet, "Öppna nätbaserade kurser (MOOCs) i svensk högskola," Available: <https://www.uka.se/download/18.12f25798156a345894e4c97/1487841871385/rapport-2016-01-26-oppna-natbaserade-kurser-mooc.pdf>
- [58] Luleå University of Technology, "Batteries for a sustainable society: from raw materials to battery cells," Available: <https://www.ltu.se/edu/course/K70/K7006K/K7006K-Batterier-for-ett-hallbart-samhalle-fran-ramaterial-till-battericeller-1.196612?l=en>
- [59] Uppsala Universitet, "Beräkningsmodellering av energirelaterade material," Available: <https://www.uu.se/utbildning/utbildningar/selma/kurser/?kKod=1FA662&typ=1>
- [60] EIT InnoEnergy, "EIT InnoEnergy online learning platform," nr <https://sea.innoenergy.com/learn>
- [61] Skolverket, "High School Engineer - production technique," Available: <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/program/gymnasieingenjor---vidareutbildning-i-form-av-ett-fjarde-tekniskt-ar>

- [62] Uppsala Universitet, "Litium-jon-batterier - Institutionen för kemi - Ångström," Available: <https://kemi.uu.se/angstrom/forskning/strukturkemi/aabc/forskning-somr%C3%A5den/li-jon-batterier>
- [63] Universitetskanslersämbetet, "Kartläggning av lärosätenas uppdragsutbildningar," Available: <https://www.uka.se/download/18.464f60a6172ea-9b7ed01c4d6/1600152487684/kart%C3%A4ggning%20av%20201%C3%A4ros%C3%A4tenas%20uppdragsutbildningar.pdf>
- [64] Skellefteå kommun, "Produktionstekniker Automatiserade tillverkningsprocesser," Available: <https://skelleftea.se/invanare/startsida/barn-och-utbildning/vuxenutbildning-och-hogre-utbildning/yrkeshogskolan/vara-utbildningar/produktionstekniker-automatiserade-tillverkningsprocesser>
- [65] Skellefteå kommun, "Batteries, Fuel Cells, and their Role in Modern Society," Available: <https://skelleftea.se/platsen/campus-skelleftea/startsida-campus-skelleftea/arkiv/utbildningar-case/2021-12-01-batteries-fuel-cells-and-their-role-in-modern-society>
- [66] Skellefteå kommun, "Automationsoperatör," Available: <https://skelleftea.se/invanare/startsida/barn-och-utbildning/vuxenutbildning-och-hogre-utbildning/vuxenyrkesutbildningar/yrkesutbildningar/vux-utbildningar/2021-09-15-automation-soperator>
- [67] PROMPT, "Academic courses for industrial competence development," Available: <http://www.promptedu.se/>
- [68] Munkedals kommun, "Processteknik," Available: <https://www.munkedal.se/download/18.248ba3f-817924f73876357ad/1620121243242/Info-blad%20Process%202122.pdf>

- [69] Lund University, "Circular Economy: Sustainable Materials Management," Available: <https://www.iiee.lu.se/moocs-iiee/circular-economy-sustainable-materials-management>
- [70] Luleå tekniska universitet, "Civilingenjör Hållbar process- och kemiteknik," Available: <https://www.ltu.se/edu/program/TCKPA/TCKPA-Civilingenjor-Hallbar-process-och-kemiteknik-1.168844>
- [71] Hermods, "Automations- och robotingenjör med industri 4.0," Available: <https://hermods.se/utbildningar/automations-och-robotingenjor-med-industri-4-0/>
- [72] Creando, "Yrkeshögskoleutbildning Innehåll," Available: <https://www.creando.se/drifftekniker-processoperator/yrkeshogskoleutb/>
- [73] Chalmers, "News item," Available: <https://www.chalmers.se/en/centres/ccr/news/Pages/default.aspx>
- [74] Chalmers, "MicroMasters programmeme," Available: <https://www.chalmers.se/en/education/moocs/MicroMasters/Pages/default.aspx>
- [75] Chalmers, "Industrial Materials Recycling," Available: <https://www.chalmers.se/en/departments/chem/research/energy-materials/imr/Pages/Industrial-Materials-Recycling.aspx>
- [76] Chalmers, "Circular and greener processes for Li-ion batteries recycling and production," Available: <https://www.chalmers.se/en/projects/Pages/Circular-and-greener-processes-for-Li-ion-batteries-recycling.aspx>

- [77] Lunds Universitet, "Vätgas, batterier och bränsleceller," Available: https://kurser.lth.se/kursplaner/21_22%20eng/MVKP25.html
- [78] Uppsala Universitet, "Syllabus for Batteries and Storage," Available: <https://www.uu.se/en/admissions/master/selma/kursplan/?kKod=IK-B274&lasar=>
- [79] Lunds universitet, "Miljösystemanalys, livscykelanalys," Available: <https://www.lu.se/lubas/i-uoh-lu-TFRP65>
- [80] Uppsala Universitet, "Master's Programme in Battery Technology and Energy Storage," Available: <https://www.uu.se/en/admissions/master/selma/program/?pKod=BT2M>
- [81] Olofström kommun, "Automations- och robotingenjör," Available: <https://olofstrom.se/utbildning-och-barnomsorg/vuxenutbildning/yrkeshogskolan-syd-olofstrom/automations--och-robotingenjor>
- [82] S. E. Centre, "About Us - Swedish Electromobility Centre," Swedish Electromobility Centre, 2022. Available: <https://emobilitycentre.se/about-us/>
- [83] B. Sweden, «About us - Batteries Sweden», Batteries Sweden, 2022. Available: <https://www.batteriesweden.se/about-us/>
- [84] «About Ingenjör 4.0», Ingenjör 4.0, 2022. Available: <https://www.ingenjor40.se/about-ingenjor4-0/>



Bilaga A

Rangordnade åtgärdsförslag från enkäten

Baserat på en litteraturgenomgång av relevanta europeiska rekommendationer och branschens behov från enkäten, identifierades och formulerades relevanta åtgärder på kort, medellång och lång sikt. Åtgärder var främst inspirerade av de två rapporterna Future Expert Needs in the Battery Sector [2] och Strategi för fossilfri konkurrenskraft – en hållbar batterivärdekedja [6]. Åtgärder har skraddarsyts för att ligga på samma detaljnivå och passa rapportens omfattning. Detta innebär att vissa åtgärder har breddats till att omfatta en eller flera åtgärder och andra har delats upp i mer än en åtgärd.

Källorna för åtgärder är följande:

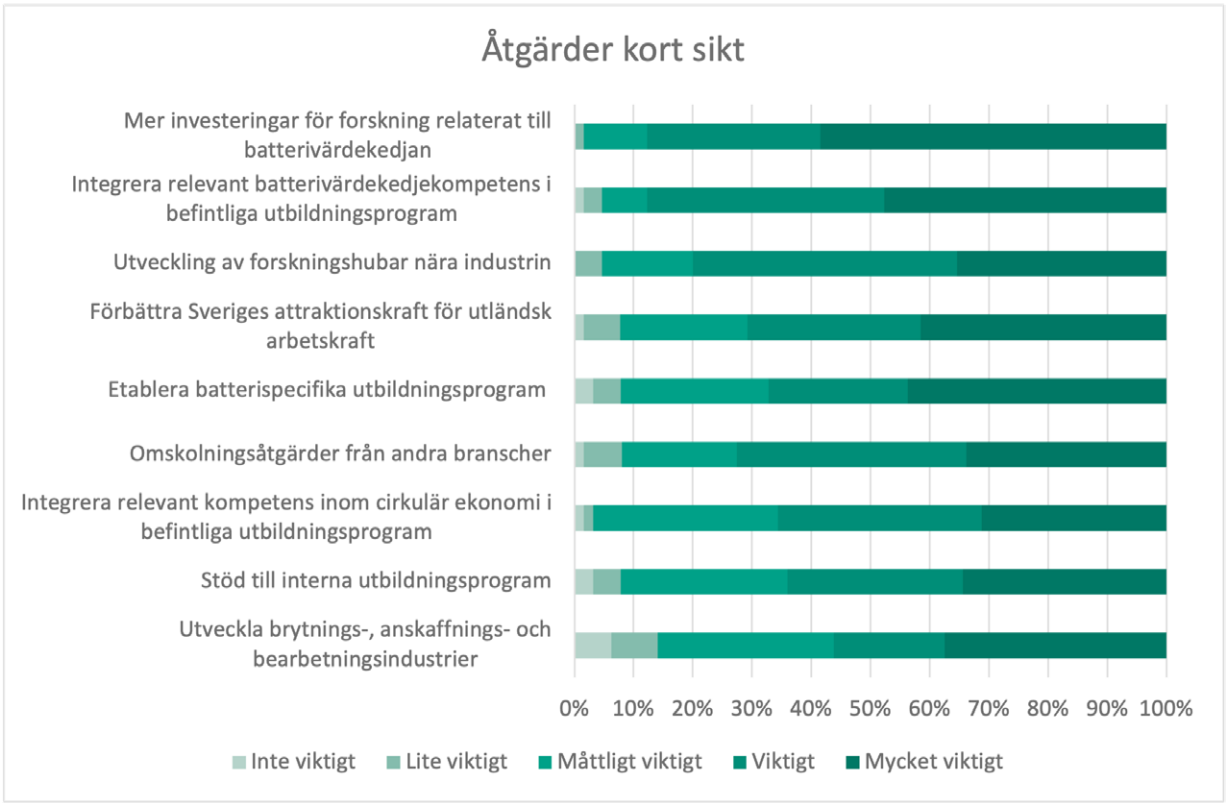
- Åtgärder utveckling av forskningshubar nära industrin, förbättra Sveriges attraktionskraft för utländsk arbetskraft och omskolningsåtgärder från andra branscher kombinerade åtgärder från **båda rapporterna** [2] [6].
- Åtgärder integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram, etablera batterispecifika utbildningsprogram, integrera relevant kompetens inom circular ekonomi i befintliga utbildningsprogram och stöd till interna utbildningsprogram inspirerades av **Future Expert Needs in the Battery Sector** [2].
- Åtgärder mer investering för forskning relaterat till batterivärdekedjan och utveckla brytnings-, anskaffnings- och bearbetningsindustrier inspirerades från **Strategi för fossilfri konkurrenskraft – en hållbar batterivärdekedja** [6].

Respondenterna fick också möjlighet att utveckla åtgärder och lägga till ytterligare kommentarer. **Kommentarer om åtgärder i allmänhet, baserat på respondenternas svar:**

- Viktigt att agera omedelbart då det tar lång tid att utbilda individer med relevant kompetens.
- Viktigt att arbeta tvärvetenskapligt och attrahera och utnyttja forskning och arbetskraft från andra länder. Landsöverskridande samarbete.
- Viktigt att förstå hur Sverige kan bidra mest i ett globalt perspektiv.
- Viktigt för ett samarbete mellan industrier och universitet.



- Viktigt att stödja forskning, innovation och nystartade företag ekonomiskt.
- Det finns ett behov av stora initiala investeringar i tillverkningsutrustning etc. för att hjälpa till att katalysera den initiala tillväxtfasen.
- Utveckling av AI/robotar för återvinning/batteridemontering.



Figur 21.
Betydelsen av olika åtgärder på kort sikt (2022–2025) för en hållbar batterivärdekedja baserat på svaren i enkäten.



Åtgärderna mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan (4,45), integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram (4,29) och utveckling av forskningshubar nära industrin (4,11) ses som de viktigaste åtgärderna på kort sikt för att skapa en hållbar batterivärdekedja.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

+ De tre viktigaste åtgärderna är:

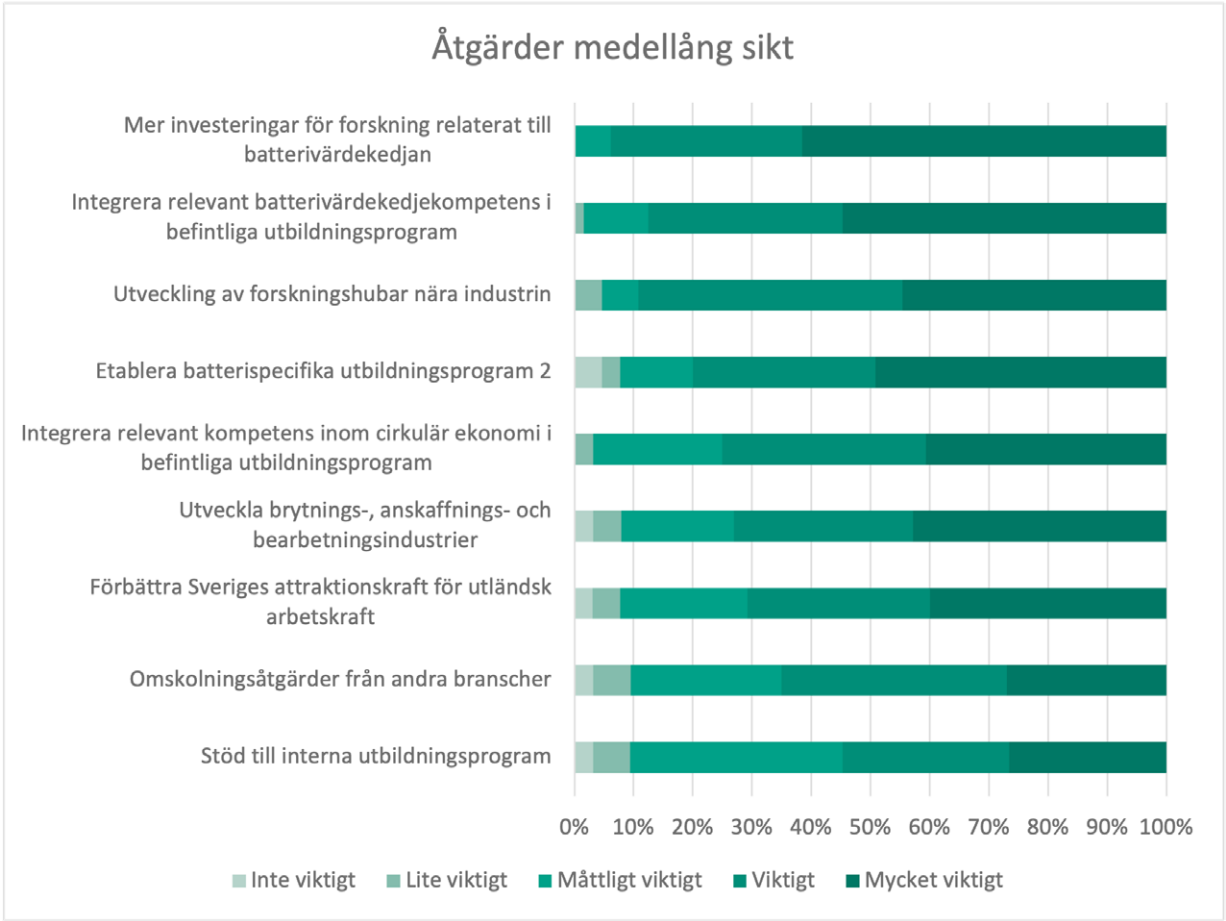
1. Mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan
2. Integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram
3. Utveckling av forskningshubar nära industrin

- De tre minst viktiga åtgärderna är:

1. Utveckla brytnings-, anskaffnings- och bearbetningsindustrier
2. Stöd till interna utbildningsprogram
3. Integrera relevant kompetens inom circular ekonomi i befintliga utbildningsprogram

UTÖVER DE FÖRESLAGNA ÅTGÄRDERNA SOM PRESENTERAS OVAN FÖRESLOGS FÖLJANDE ÅTGÄRDER FRÅN INDUSTRI PÅ KORT SIKT:

- Vidareutbildning för ingenjörer för att utveckla kompetenser som behövs för batterivärdekedjan
- Utbilda personer med både kunskap om patenträtt och strategi kopplat till batterivärdekedjan
- Livslångt lärande för personer som arbetar i batterivärdekedjan.
- Bättre samarbete mellan industri, utbildning och politik
- Sveriges attraktionskraft är inget stort problem utan snarare ett problem med tillstånd och migration
- Eftersom saker och ting går så snabbt kan kort sikt ses som "det som hände igår"



Figur 22.
Betydelsen av olika åtgärder på medellång sikt (2025–2030) för en hållbar batterivärdekedja baserat på svaren i enkäten.



Åtgärderna mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan (4,55), integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram (4,41) och utveckling av forskningshubar nära industrin (4,29) är de åtgärder som ses som viktigaste på medellång sikt för att utveckla en hållbar batterivärdekedja. Dessa är desamma som på kort sikt och de har alla ökat i betydelse där utveckling av forskningshubar nära industrin har den största ökningen (+0,18).



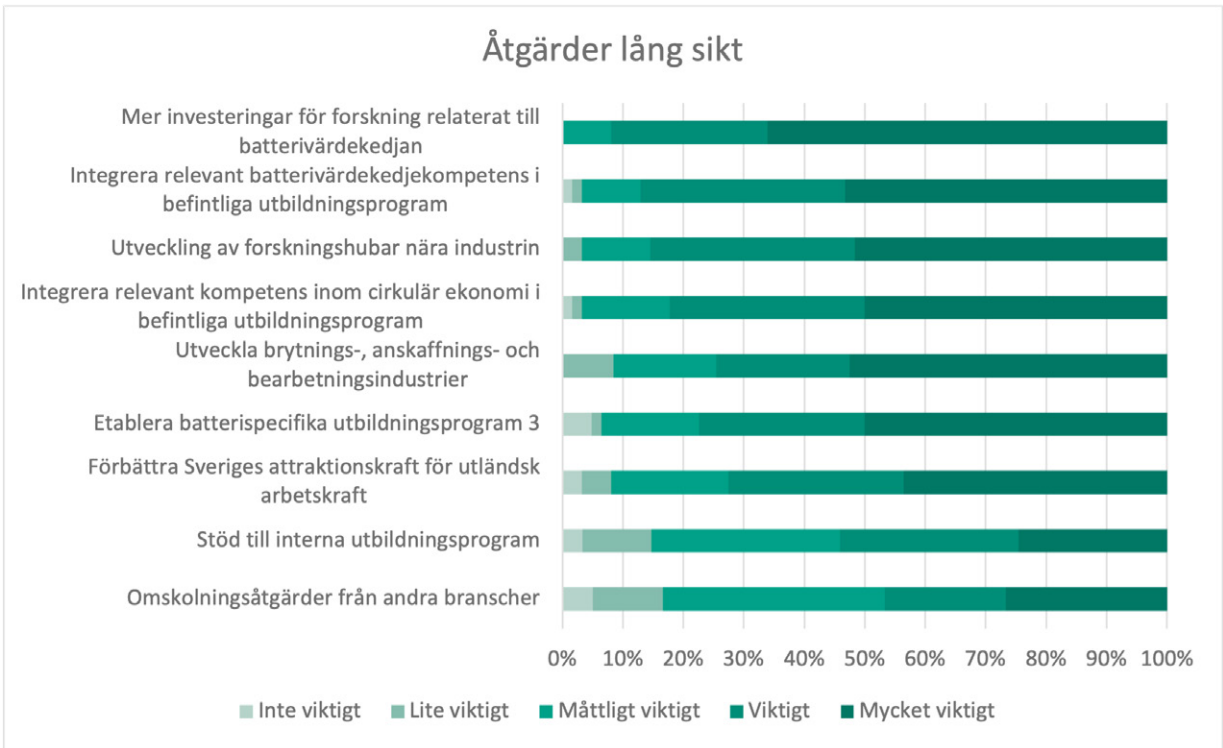
IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

+ De tre viktigaste åtgärderna är:

1. Mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan
2. Integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram
3. Utveckling av forskningshubar nära industrin

- De tre minst viktiga åtgärderna är:

1. Stöd till interna utbildningsprogram
2. Omskolningsåtgärder från andra branscher
3. Förbättra Sveriges attraktionskraft för utländsk arbetskraft



Figur 23.
Betydelsen av olika åtgärder på lång sikt (2030+) för en hållbar batterivärdekedja baserat på svaren i enkäten.



Åtgärderna mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan (4,58), integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram (4,35) och utveckling av forskningshubar nära industrin (4,34) är de åtgärder som ses som viktigaste på lång sikt för att utveckla en hållbar batterivärdekedja. Dessa är desamma som på kort och medellång sikt. Snittbetyget för åtgärderna mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan och utveckling av forskningshubar nära industrin ökad med 0,03 respektive 0,05. Däremot gick snittbetyget ner för åtgärden integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram med 0,06.

IMPLIKATIONER OCH SLUTSATSER:

+ De tre viktigaste åtgärderna är:

1. Mer investeringar för forskning relaterat till batterivärdekedjan
2. Integrera relevant batterivärdekedjekompetens i befintliga utbildningsprogram
3. Utveckling av forskningshubar nära industrin

- De tre minst viktiga åtgärderna är:

1. Omskolningsåtgärder från andra branscher
2. Stöd till interna utbildningsprogram
3. Förbättra Sveriges attraktionskraft för utländsk arbetskraft

UTÖVER DE FÖRESLAGNA ÅTGÄRDerna SOM PRESENTERAS OVAN FÖRESLOGS FÖLJANDE ÅTGÄRDER FRÅN INDUSTRI PÅ LÅNG SIKT:

- Utveckling av simuleringsbaserad utbildning
- Högskoleutbildningar behöver inte vara branschspecifika. Det är viktigt att fokusera på att utveckla generalister (som fördjupar sig på specifika ämnen) för att klara av den förväntade tekniska utvecklingen.
- Långsiktig flexibel kompetens behöver utvecklas för att möjliggöra en hållbar batterivärdekedja.



Bilaga B

Nyckelkompetenser för hållbarhet

Beskrivningar från [38].

Systemtänkande kompetens (förmåga till systemtänkande och analys av komplexa samband under osäkerhet): förmågan att känna igen och förstå relationer; att analysera komplexa system; att tänka på hur system är inbyggda inom olika domäner och olika skalor; och att hantera osäkerhet.

Förutseende kompetens (förmåga till scenariotänkande och risk- och konsekvensbedömning): förmågan att förstå och utvärdera flera framtider – möjliga, sannolika och önskvärda; att skapa sina egna visioner för framtiden; att tillämpa försiktighetsprincipen; att bedöma konsekvenserna av åtgärder; och att hantera risker och förändringar.

Normativ kompetens (förmåga till etisk och värdefull reflektion samt att balansera dilemman, motsättningar och intressekonflikter): förmågan att förstå och reflektera över de normer och värderingar som ligger till grund för ens handlingar; och att förhandla om

hållbarhetsvärden, principer och mål, i ett sammanhang av intressekonflikter och avvägningar, osäkra kunskaper och motsättningar.

Strategisk kompetens (förmåga att agera strategiskt och innovativt): förmågan att gemensamt utveckla och genomföra innovativa åtgärder som främjar hållbarhet på lokal nivå och längre bort.

Samarbetskompetens (förmåga att interagera konstruktivt och empatiskt med andra i problem- och konflikt-hantering): förmågan att lära av andra; att förstå och respektera andras behov, perspektiv och handlingar (empati); att förstå, relatera till och vara lyhörd för andra (empatiskt ledarskap); att hantera konflikter i en grupp; och att underlätta samverkan och deltagande problemlösning.

Kompetens för kritiskt tänkande (förmåga att ställa kritiska frågor, reflektera kritiskt och ta ställning): förmågan att ifrågasätta normer,

praxis och åsikter; att reflektera över sina värderingar, uppfattningar och handlingar; och att ta ställning i hållbarhetsdiskursen.

Självkännedomskompetens (förmåga att reflektera över sin egen roll, motiv och känslor): förmågan att reflektera över sin egen roll i det lokala samhället och (globala) samhället; att ständigt utvärdera och ytterligare motivera sina handlingar; och att hantera sina känslor och önsknings.

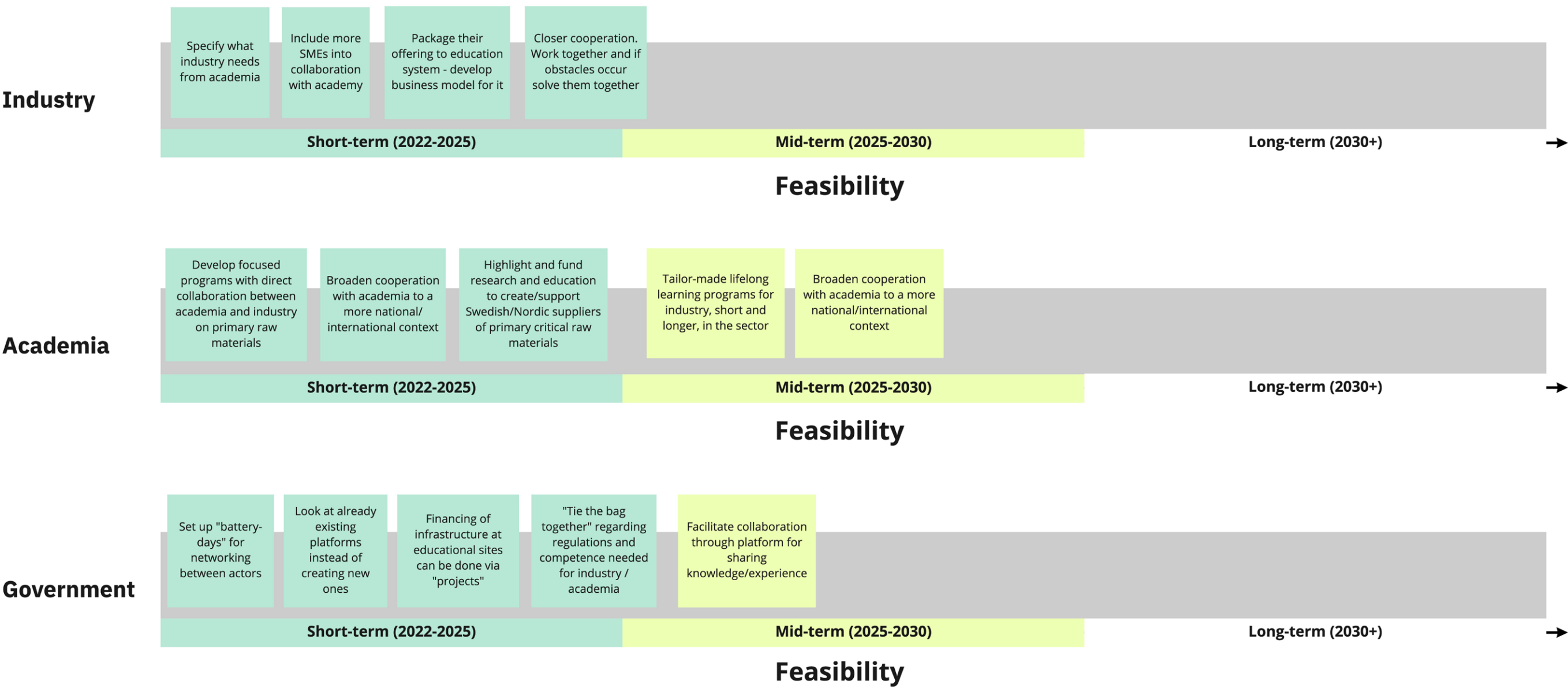
Integrerad problemlösningskompetens (förmågan att integrera alla ovanstående kompetenser i tillämpningen av olika problemlösningstekniker, att hitta bra lösningalternativ för komplexa problem): den övergripande förmågan att tillämpa olika problemlösningssramar på komplexa hållbarhetsproblem och utveckla livskraftiga, inkluderande och rättvisa lösningalternativ som främjar hållbar utveckling, integrera ovan nämnda kompetenser.



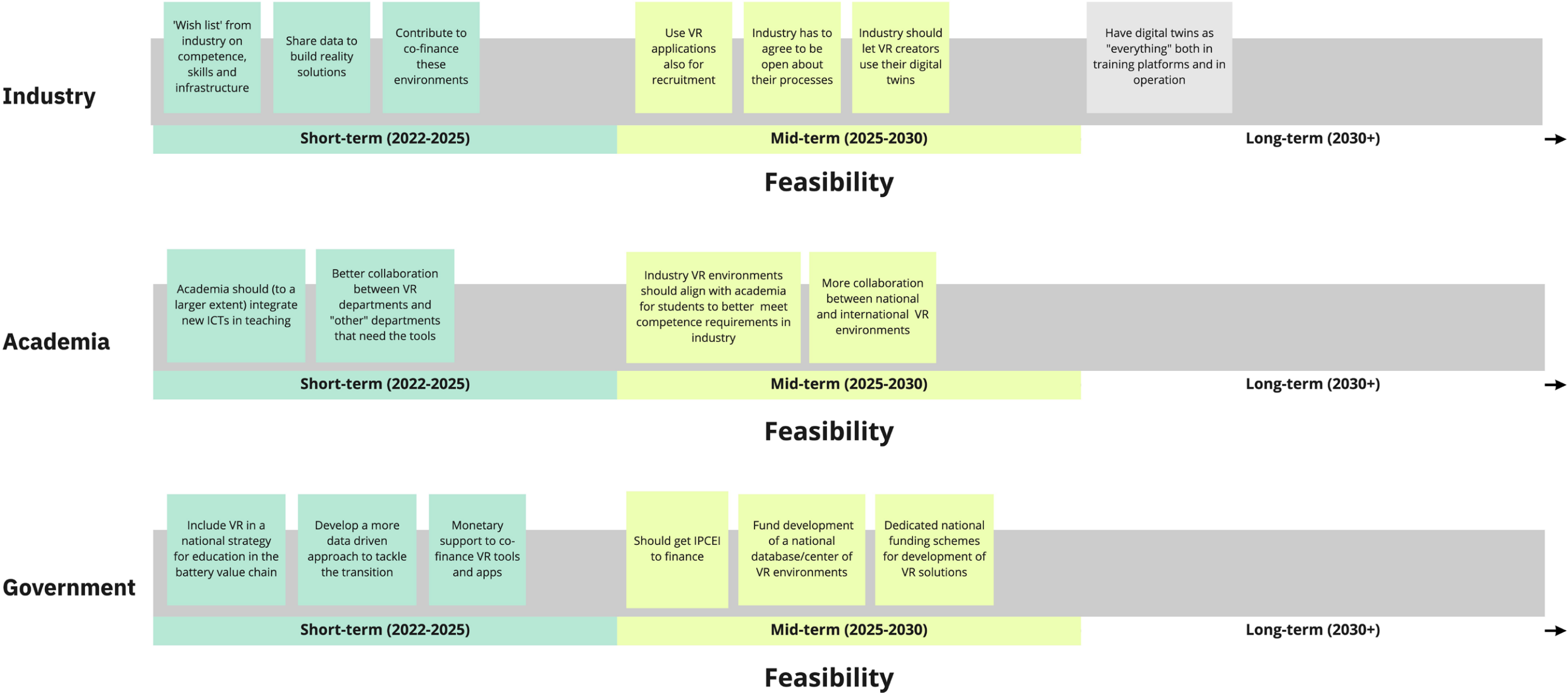
Bilaga C

Grundförutsättningar för åtgärdsförslag och ansvarsområden

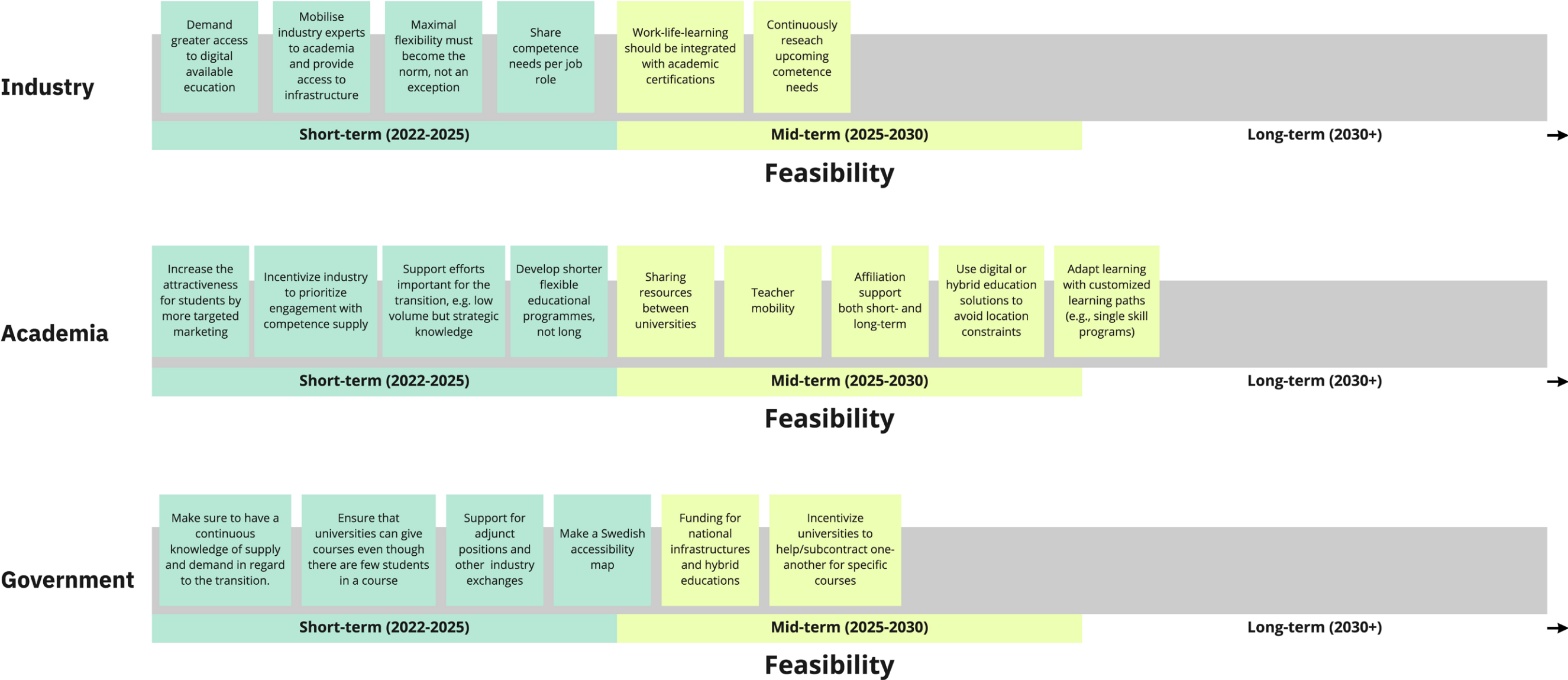
Create prerequisites for industry to share experience/ knowledge with academia



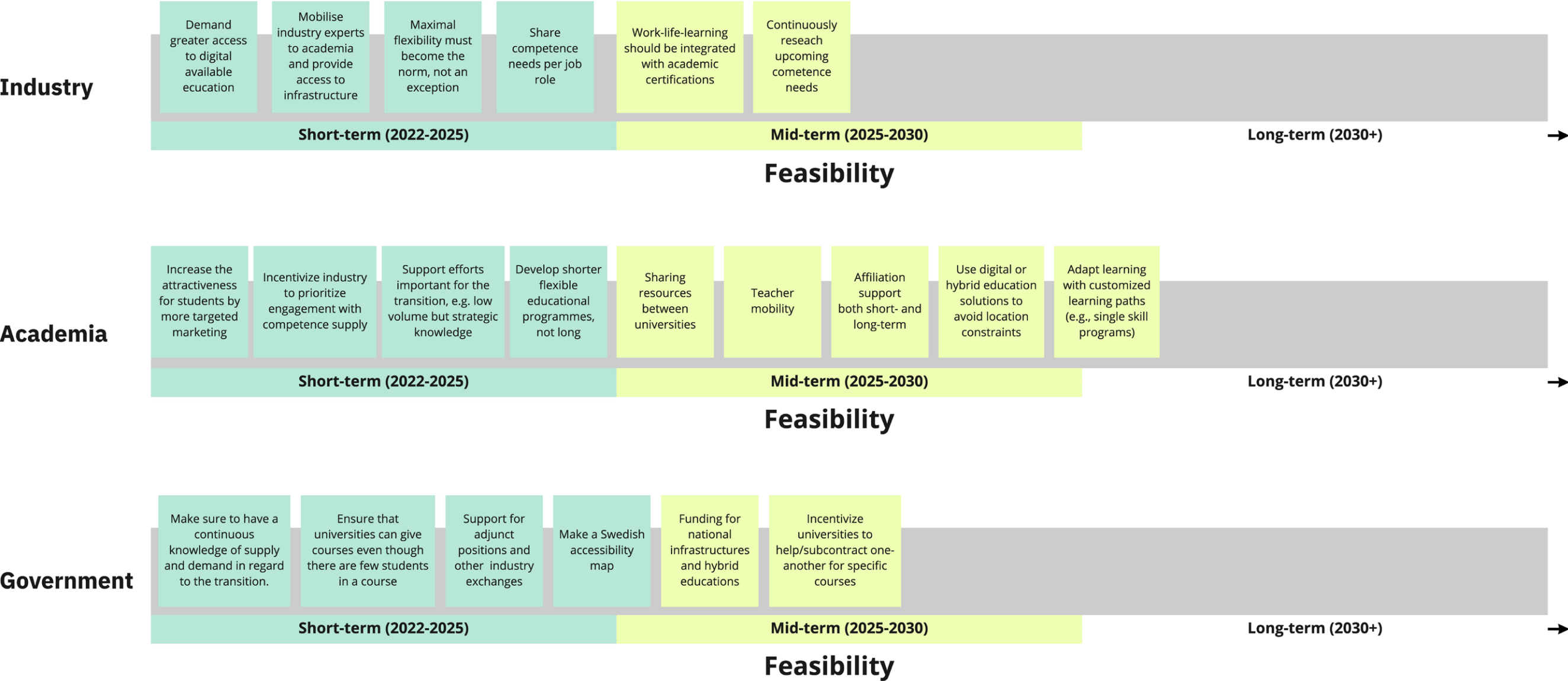
Usage of virtual reality (VR) solutions (online simulated environments) for practical experience (e.g., laboratory)



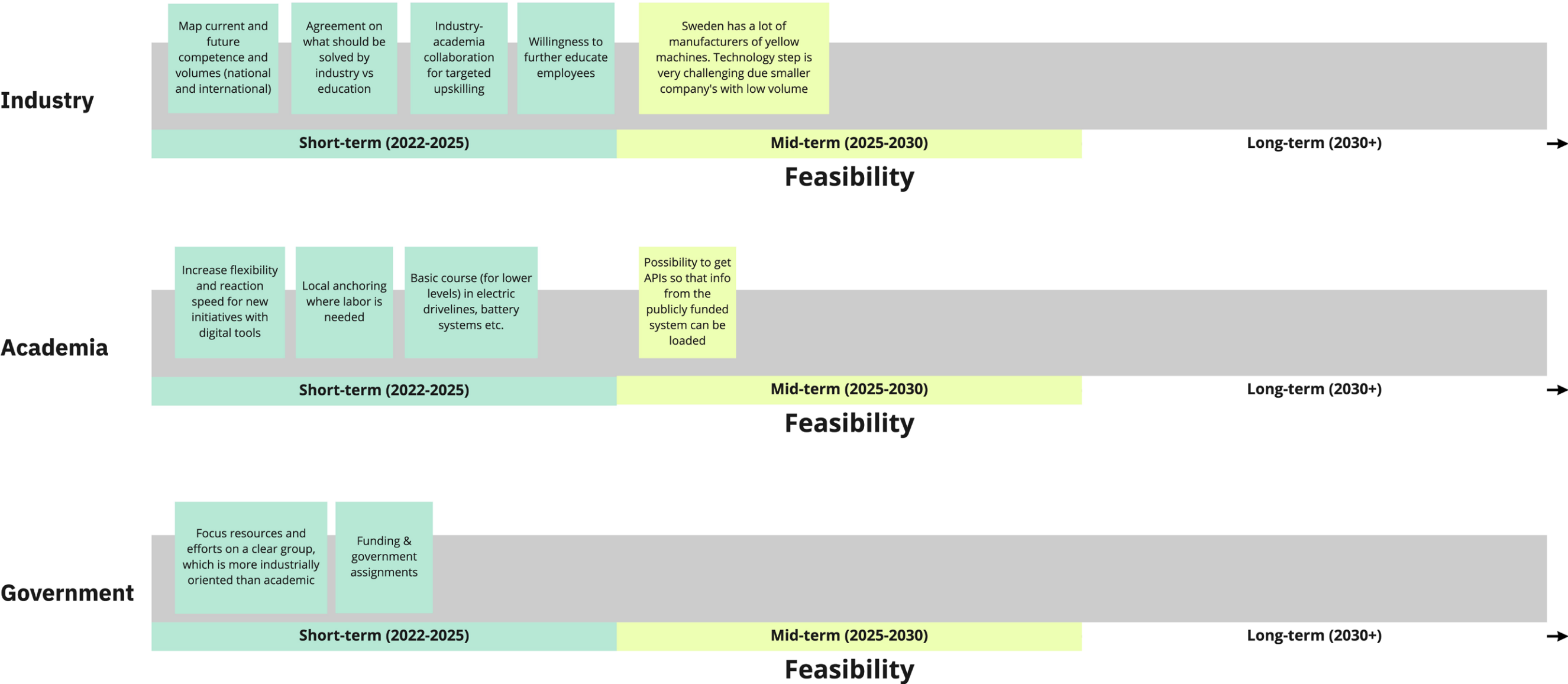
Development of a flexible education system to cope with the fluctuation of supply/demand of the market for different competences



Development of a flexible education system to cope with the fluctuation of supply/demand of the market for different competences



Platforms (e.g., kompetensmatchning.se) that visualise available educations connected to the industry (demand)



National plan and strategy for how battery-related competences should be developed

