

Sexårsutvärdering av strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen

Six-year evaluation of the strategic innovation programme SIO Grafen

Markus Lindström, Amanda Bengtsson Jallow, Jonatan Ryd, Tomas Åström, Sebastian Eriksson Berggren, Sam Kuritzén, Josefine Olsson och Erik Arnold



Bild: Astrid Hedenström.



Sexårsutvärdering av strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen

Six-year evaluation of the strategic innovation programme SIO Grafen

Markus Lindström, Amanda Bengtsson Jallow, Jonatan Ryd, Tomas Åström, Sebastian Eriksson Berggren, Sam Kuritzén, Josefine Olsson och Erik Arnold

Titel: Sexårsutvärdering av det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen

Författare: Markus Lindström, Amanda Bengtsson Jallow, Jonatan Ryd, Tomas Åström, Sebastian Eriksson Berggren, Sam Kuritzén, Josefine Olsson – Faugert & Co Utvärdering/Technopolis Sweden och Erik Arnold – Technopolis Ltd

Serie: Vinnova Rapport VR 2020:17

Utgiven: December 2020

Utgivare: Faugert & Co Utvärdering/Technopolis Sweden

Diarienummer: 2018-02397



Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Programmet	1
Resultat och effekter	2
Ändamålsenlighet, effektivitet och roll i innovationssystemet	2
Rekommendationer	3
Summary	4
The programme	4
Results and impacts	5
Effectiveness, efficiency and role in innovation system	5
Recommendations	6
1 Inledning	7
1.1 Uppdrag	7
1.2 Metoder	8
1.3 Genomförande	9
1.4 Rapportens disposition	10
2 Programmet	11
2.1 Ämnesområde	11
2.1.1 Grafen – möjligheternas material	11
2.1.2 Unika egenskaper	11
2.1.3 SIO Grafen	12
2.1.4 Grafens roll i klimatutmaningen	12
2.2 Målsättning och utveckling	13
2.3 Treårsutvärdering	17
2.4 Implementering	18
2.4.1 Organisation	18
2.4.2 Styrkeområden	19
2.4.3 Implementering	21
2.5 Finansieringsanalys	26
3 Resultat och effekter för företag	34
3.1 Projekten	34
3.2 Resultat	37
3.3 Effekter	38
4 Resultat och effekter för FoU-utförare	45



4.1	Projekten	45
4.2	Resultat	48
4.3	Effekter	50
5	Effekter på system- och samhällsnivå	55
5.1	Effekter på systemnivå	55
5.1.1	Programmets samarbetsmönster	55
5.1.2	Nationell kraftsamling och mobilisering	58
5.1.3	Förnyelse	59
5.2	Effekter på samhällsnivå	61
5.3	Bidrag till uppfyllelse av effektmålen för SIP-satsningen	63
6	Programmets roll och anpassningsförmåga	65
6.1	Roll i innovationssystemet	65
6.2	Anpassning till en föränderlig omvärld	67
7	Programmets ändamålsenlighet, måluppfyllelse och additionalitet	69
7.1	Ändamålsenlighet	69
7.2	Måluppfyllelse	73
7.3	Additionalitet	75
8	Programmets bidrag till radikala eller systemiska förändringar	77
8.1	Programmets kontext	77
8.2	Drivkrafter för förändring	78
8.3	Programmets aktiviteter för att bidra till förändring	79
8.4	Resultat och effekter i form av systemiska förändringar och radikala innovationer	80
9	Programmets effektivitet	81
9.1	Administrativa processer	81
9.2	Deltagarnas perspektiv	81
9.3	Jämställdhet	84
10	Slutsatser och rekommendationer	87
10.1	Slutsatser	87
10.2	Rekommendationer	90
Bilaga A	Intervjupersoner och deltagare i presentationer	92
A.1.	Intervjupersoner	92
A.2.	Deltagare i tolkningsseminarium	93
A.3.	Deltagare i presentation av rekommendationer	94
Bilaga B	Webbenkäter	95
B.1.	Enkät till företag	95
Bilaga C	Bibliometrisk analys	104

C.1. Inledning	104
C.2. Data och indikatorer	104
C.3. Resultat	105
C.4. Sammanfattning	107
C.5. Tabellbilagor	108
Bilaga D Sakkunnig bedömning	109
D.1. Inledning	109
D.2. Programstrategi, organisation och implementering	109
D.3. Projektportfölj	114
D.4. Sammanfattande bedömning	117
D.5. Bedömda ansökningar och projekt	121
D.5.1. Ansökningar	121
D.5.2. Presenterade projekt	122
Bilaga E SIO Grafens programlogik (förenklad version)	123
Bilaga F Sammanställning av svar på utvärderingsfrågor	124
Bilaga G Förkortningar	131

Tabeller

Tabell 1	Ansökningsomgångar i utlysningar 2014–2019 och resulterade antal projekt och offentlig finansiering.	25
Tabell 2	Offentlig finansiering och medfinansiering per aktörstyp för projekt från utlysningar 2014–2019.	27
Tabell 3	Aktörstypers andel av hela Fol-nätverket under de första tre respektive sex åren.	57
Tabell 4	Svarsfrekvens för enkäter till projektdeltagare	95
Tabell 5	Programmets publikationer fördelade på år och publikationstyp.	105
Tabell 6	Aktörstypernas bidrag till programmets publikationer.	106
Tabell 7	Företag som bidragit till programmets publikationer.	107
Tabell 8	Publikationer, genomsnittliga SNIP-värden och citeringar för aktuella konferensserier.	108
Tabell 9	Publikationer, genomsnittliga SNIP-värden och citeringar för aktuella tidskrifter.	108

Figurer

Figur 1	Illustration över innovationsområdet för grafen med utgångspunkt från Chalmers.	17
Figur 2	Organisationsschema för SIO Grafen.	18



Figur 3	Illustration över SIO Grafens insatser och aktiviteter. _____	22
Figur 4	Offentlig finansiering och medfinansiering per år till projekt från utlysningar 2014–2019. ____	26
Figur 5	Offentlig finansiering och medfinansiering per aktörstyp för projekt från utlysningar 2014–2019. _____	27
Figur 6	Fördelning av offentlig finansiering på forskningsområden för projekt från utlysningar 2014–2019. _____	28
Figur 7	Fördelning av offentlig finansiering på behovsområden för projekt från utlysningar 2014–2019. _____	28
Figur 8	Fördelning av offentlig finansiering på produktområden för projekt från utlysningar 2014–2019. _____	29
Figur 9	Globala hållbarhetsmål (SDG) som projekt som beviljats sedan januari 2016 förväntas bidra till. _____	29
Figur 10	De 20 största mottagarna av offentlig finansiering i projekt från utlysningar 2014–2019. ____	30
Figur 11	De 20 största medfinansierarna i projekt från utlysningar 2014–2019. _____	31
Figur 12	Offentlig finansiering (vänster) och medfinansiering (höger) per region för projekt från utlysningar 2014–2019. _____	31
Figur 13	Beviljandegrad per år för ansökningar i öppna utlysningar 2014–2019. _____	32
Figur 14	Offentlig finansiering till och medfinansiering från företag per näringslivssektor för projekt från utlysningar 2014–2019. _____	33
Figur 15	Företags samverkansrelaterade motiv för att delta i Fol-projekt (n=46). _____	34
Figur 16	Företags ytterligare motiv för att delta i Fol-projekt (n=48). _____	35
Figur 17	Andel Fol-projekt som startat respektive slutat på olika TRL enligt företag, samt TRL-progression för enskilda projekt (n=46). _____	36
Figur 18	Samarbetsrelaterade aktiviteter för företag i Fol-projekt (n=42). _____	37
Figur 19	Resultat av företags deltagande i Fol-projekt (n=46). _____	38
Figur 20	Effekter på långsiktig Fol-samverkan av företags deltagande i Fol-projekt (n=40). _____	39
Figur 21	Ytterligare effekter av företags deltagande i Fol-projekt (n=42). _____	41
Figur 22	Kommersiella effekter av företags deltagande i Fol-projekt (n=33). _____	43
Figur 23	FoU-utförares samverkansrelaterade motiv för att delta i Fol-projekt (n=29). _____	45
Figur 24	FoU-utförares ytterligare motiv för att delta i Fol-projekt (n=29). _____	46
Figur 25	Andel Fol-projekt som startat respektive slutat på olika TRL enligt FoU-utförare, samt TRL-progression för enskilda projekt (n=28). _____	47
Figur 26	Samarbetsrelaterade aktiviteter för FoU-utförare i Fol-projekt (n=28). _____	47
Figur 27	Resultat av FoU-utförares deltagande i Fol-projekt (n=29). _____	48
Figur 28	Programmets publikationer fördelade på publiceringsår och typ av publikationsmedium. ____	49
Figur 29	Svenska och utländska organisationstypers relativa bidrag till programmets publikationer. _	50
Figur 30	Effekter på långsiktig Fol-samverkan av FoU-utförares deltagande i Fol-projekt (n=29). ____	50
Figur 31	Ytterligare effekter av FoU-utförares deltagande i Fol-projekt (n=28). _____	51
Figur 32	Programmets publikationer fördelade på publiceringsstrata. _____	54



Figur 33	Samarbetsmönster i Fol-projekt under de första tre (vänster) respektive de första sex (höger) åren. _____	56
Figur 34	Samarbetsmönster i Fol-projekt under de första sex åren. _____	57
Figur 35	Effekter för det egna företaget av dess deltagande i Fol-projekt på bibehållen eller utökad Fol-verksamhet, sysselsättning och produktion i Sverige (n=37). _____	62
Figur 36	Effekter bortom den egna organisationen av deltagande i Fol-projekt (n=35 för företag, n=27 för FoU-utförare). _____	62
Figur 37	Andel av respondenter som anser att svenska finansiärer och program är betydelsefulla för den egna organisationen. _____	66
Figur 38	Andel av respondenter som anser att internationella finansiärer och program är betydelsefulla för den egna organisationen. _____	66
Figur 39	Andel av respondenter som anser att olika aktörstypers deltagande i programmet är för lågt. _____	71
Figur 40	Helhetsbedömning av programmet. _____	72
Figur 41	Andel av respondenter som anser att organisationens Fol-projekt bidrar till uppfyllelse av programmets effektmål (n=47 för företag, n=32 för FoU-utförare). _____	74
Figur 42	Andel av respondenter som instämmer i påståenden om Vinnovas administration av programmet. _____	82
Figur 43	Andel av respondenter som instämmer i påståenden om programmets egen administration. _____	83
Figur 44	Projektledares kön för Fol-projekt från öppna utlysningar 2014–2019. _____	85
Figur 45	Beviljandegrad per år fördelat på kön för ansökningar i öppna utlysningar 2014–2019. _____	86
Figur 46	Programmets publikationer fördelade på år och publikationstyp. _____	105
Figur 47	Programmets publikationer fördelade på publiceringsstrata. _____	106
Figur 48	Svenska och utländska organisationstypers bidrag till programmets publikationer. _____	107
Figur 49	Experternas bedömning av 20 beviljade ansökningar. _____	115
Figur 50	Experternas bedömning av tio presenterade projekt. _____	115



Sammanfattning

På uppdrag av Verket för innovationssystem (Vinnova), Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas) och Statens energimyndighet (Energimyndigheten) har Faugert & Co Utvärdering i samarbete med Technopolis Ltd utvärderat det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen som vid uppdragets början hade varit verksamt i knappt sex år. Syftet med utvärderingen var att påvisa resultat och tidiga effekter som underlag för myndigheternas beslut om fortsatt finansiering, samt att utgöra stöd för myndigheterna och programkontoret så att programmet lär och utvecklas på bästa sätt. Databasinsamlingen har bestått av dokumentstudier, självvärdering, registeranalyser, finansieringsanalyser, sociala nätverksanalyser, bibliometriska analyser, djupintervjuer, webbenkäter, expertbedömning samt presentationer av observationer, preliminära slutsatser och preliminära rekommendationer. Utvärderingen genomfördes under perioden januari–november 2020.

Programmet

SIO Grafen verkar för ökad användning av grafen i svensk industri. Programmets övergripande målsättning är att Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen. Genom insatser och aktiviteter medverkar programmet till att etablera grafen inom svensk industri, stärka kunskapsöverföring mellan olika branscher och bidra till att svenska grafenbaserade produkter når marknaden.

SIO Grafen har sitt ursprung i den Strategiska innovationsagendan för grafen, vilken togs fram under 2013. Ungefär samtidigt initierade Europeiska unionen den största forskningssatsningen någonsin Graphene Flagship med Chalmers tekniska högskola som koordinator, vilket innebar en unik möjlighet för Sverige att etablera sig inom området. En stor del av arbetet under programmets första sex år har handlat om att medvetandegöra svenska aktörer om potentialen med grafen och få dem att gemensamt undersöka hur potentialen går att realisera, samt att utveckla affärsmässiga fördelar, varor och tjänster.

SIO Grafen genomför projekt inom sex styrkeområden: Elektronik, Komposit, Bioteknik, Tillverkning, Ytbeläggningar och Energi. Implementeringen sker genom tre slags insatser – strategiska aktiviteter, basaktiviteter och samverkansprojekt. Programmet bidrar till att överbygga hinder (för områdets utveckling) och till uppbyggnad av gemensam (grafen-)kunskap med hjälp av de strategiska aktiviteterna strategiarbete och strategiska projekt. Genom basaktiviteterna etablerar programmet det svenska ekosystemet för grafen och bidrar till kunskapsuppbyggnad med hjälp av kommunikation, omvärldsbevakning och etablering av ett aktörsnätverk. Programmet bidrar till utveckling av grafentillämpningar genom att finansiera tre former av samverkansprojekt: genomförbarhetsstudier, forsknings och innovationsprojekt (Fol-projekt) eller innovations- och demonstrationsprojekt (IoD-projekt).

Vid programmets årliga stämma utses styrelsen och då kan även fattas beslut om *nya* prioriterade styrkeområden. Därutöver föreslås ämnen för öppna utlysningar och aktiviteter för workshoppar. Organisationer som tecknat medlemskap i programmet har rösträtt på årsstämman. Styrelsen ansvarar för den strategiska styrningen av programmet och sammanträder ungefär fyra gånger per år. SIO Grafens programkontor, som har sin organisatoriska hemvist hos Chalmers Industriteknik (CIT), leder den operativa verksamheten.



Resultat och effekter

De effekter som företag uppger att deras projektdeltagande främst har bidragit till är nya FoU-projekt, patentansökningar och utveckling av demonstratorer och/eller prototyper. Många företag räknar dessutom med att i framtiden kunna implementera ett nytt material eller en ny teknik och att kunna fortsätta utveckla demonstratorer och/eller prototyper. I några få fall har projekt bidragit till att implementera eller effektivisera produktionsmetoder samt till att kommersiella produkter med grafen tagits fram. Projekten har i viss utsträckning redan bidragit till kommersiella effekter såsom ökad omsättning, nya affärsområden och stärkt internationell konkurrenskraft. Företagen är mycket optimistiska till att projekten på sikt kommer att leda till kommersiella effekter, vilket verifieras av det höga antalet patentansökningar. Att företagen främst förväntar sig kommersiella effekter på sikt är naturligt givet att grafenområdet är relativt omoget.

De effekter som FoU-utförare (universitet och högskola (UoH) samt institut) uppger att deras projektdeltagande främst har bidragit till är en mer industrirelevant FoU-inriktning och utveckling av nya eller modifierade material och tekniker. I många fall har projekten också lett till nya FoU-projekt, stärkt internationell konkurrenskraft och patentansökningar. Att projekten ofta leder till följdprojekt är värdefullt för deltagande forskargrupper eftersom det ger dem möjligheter att driva forskningen vidare och bygga upp kompetens inom grafenområdet.

Programmets främsta bidrag är dess effekter på systemnivå. Programmet har bidragit till att skapa ett svenskt ekosystem för grafen, i vilket aktörer med kompletterande kompetenser finns samlade. Skapandet av det svenska ekosystemet för grafen har i sin tur bidragit till kompetensutveckling av såväl befintliga som nya aktörer inom området, samt lett till förnyelse av det nationella grafenområdet.

Ur ett samhällligt perspektiv är förväntan stor bland projektdeltagare att de undersökta, utvecklade och i vissa fall framtagna grafentillämpningarna kommer att bidra till positiva ekonomiska och miljömässiga samhällseffekter, exempelvis då grafen ersätter ett annat mer miljöfarligt material och att det ökar en produkts livslängd. Samtidigt är samhällseffekter från programmet avhängiga grafenområdets utveckling i stort och att grafen visar sig lönsamt för företag att använda.

Ändamålsenlighet, effektivitet och roll i innovationssystemet

SIO Grafens kombination av insatser – strategiska aktiviteter, basaktiviteter och samverkansprojekt – är ändamålsenliga och speglar programmets målsättningar och vision. Aktörerna och sakexperterna efterfrågar dock att programmet utökar sina insatser rörande standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring av grafen, samt utvecklar sitt internationaliseringsarbete. SIO Grafen har hittills varit det enda program i Sverige med fokus på innovation om grafen och andra 2D-material. Programmet samlar de flesta relevanta aktörer, men aktörerna efterfrågar högre deltagande av utländska aktörer och svenska storföretag. Mervärdet av programmets samlade verksamhet är omfattande, sett till programmets storlek. Programmet är på god väg att uppnå sina långsiktiga mål och programmets bidrag till de strategiska innovationsprogrammets (SIP) effektmål är betydande men också avhängigt av grafens genomslagskraft i samhället.

Programmets administration är effektiv och ändamålsenlig för att bygga upp, samla och underhålla det svenska ekosystemet för grafen. SIO Grafen har ett genomtänkt jämställdhetsarbete, och har sedan en tid tillbaka jämn könsfördelning i styrelse och programkontor. Eftersom programkontorets värddorganisation är en betydande stödmottagare bör SIO Grafen vinnlägga sig om att andra aktörer inte får någon anledning att misstänka att värddorganisationen får några konkurrensfördelar.



Rekommendationer

SIO Grafen är i grunden ett väl fungerande program med en föredömlig och ändamålsenlig strategisk ansats, inriktning och ledning. Programmet har gjort betydande avtryck i det svenska ekosystemet för grafen samtidigt som grafen har stor potential för användning i flera branscher. Programmet bör få ökad finansiering för att kunna skala upp sina insatser och aktiviteter för att därigenom accelerera teknikutvecklingen och stärka det svenska ekosystemet för grafen.

Utvärderingens övriga rekommendationer är framåtblickande och fokuserar på hur programmet skulle kunna utvecklas vidare:

- Programmet bör fortsätta att bevaka utvecklingen inom sina styrkeområden och bör vid behov revidera dessa för att säkerställa ändamålsenlighet
- Programmets arbete med agenda och programlogik är en av dess styrkor och arbetet bör därför fortsätta
- SIO Grafen har inte tagit ställning till om och i så fall hur aktörsnätverket ska kunna fortleva efter programmets slut. Programmet bör i dialog med sina aktörer ta fram en plan för detta
- SIO Grafen har ett genomtänkt jämställdhetsarbete, men bör formulera ett kvantitativt mål även för projektledare. Programmets jämställdhetsarbete bör vara omnämnt i agendan
- SIO Grafen har föredömligt formulerade mål för 2018–2020, och bör formulera liknande mål för nästa finansieringsperiod
- Programmet bör fortsatt inkludera sin programlogik i agendan, inklusive resonemang om bakomliggande antaganden och risker
- SIO Grafens resurser allokerade till standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring bedöms som otillräckliga. Programmet bör därför prioritera insatser för standardisering av material och produktionsprocesser
- För att ytterligare främja svensk konkurrenskraft bör programmet i högre utsträckning fokusera på internationalisering
- Programmet bör framgent överväga riktade utlysningar inom specifika styrkeområden, alternativt fler stora FoU- och IoD-projekt för att därigenom accelerera grafenområdets teknikomognad och öka tilltron till materialet
- SIO Grafens externa kommunikation och uppsökande verksamhet riktas främst till potentiellt grafenintresserade företag, men når oftast ett fåtal individer inom dessa företag. Programmet bör därför:
 - Fortsätta att identifiera och kommunicera till en bred skara av företag
 - Verka för att nå ut till fler personer inom redan involverade företag
- Givet att programkontorets värdorganisation är en betydande stödmottagare bör SIO Grafen vinnlägga sig om att andra aktörer inte får någon anledning att misstänka att värdorganisationen får några konkurrensfördelar



Summary

The Swedish Governmental Agency for Innovation Systems (Vinnova), the Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Formas) and the Swedish Energy Agency assigned Faugert & Co Utvärdering/Technopolis Sweden in collaboration with Technopolis Ltd to evaluate the strategic innovation programme SIO Grafen, which at the beginning of the assignment had been operational for almost six years. The purpose of the evaluation was to identify results and early impacts as a foundation for the agencies' decisions on renewed funding, and to provide support for the agencies and the programme office in order for the programme to learn and develop as well as possible. Data collection consisted of document studies, self-evaluation, registry analyses, funding analyses, social network analyses, bibliometric analyses, in-depth interviews, web surveys, expert assessment, as well as presentations of observations, preliminary conclusions and preliminary recommendations. The evaluation was conducted between January and November 2020.

The programme

SIO Grafen promotes increased use of graphene in Swedish industry. The overall objective of the programme is for Sweden to become one of the world's top ten countries to make use of graphene. Through its forms of intervention and activities, the programme contributes to establishing graphene in Swedish industry, to knowledge transfer between industry sectors, and to Swedish graphene-based products reaching the market.

SIO Grafen has its origins in the Strategic Innovation Agenda for Graphene, which was developed in 2013. Around the same time, the European Union initiated the Graphene Flagship, the largest research initiative ever, with Chalmers University of Technology as coordinator. This meant a unique opportunity for Sweden to establish itself in the field of Graphene. A large part of SIO Grafen's work during the first six years of the programme has been to make Swedish actors aware of the potential of graphene and to encourage them to jointly investigate how the potential of graphene best may be realised, as well as to develop commercial advantages, goods and services.

SIO Grafen conducts projects in six areas of strength: Electronics, Composites, Biotechnology, Manufacturing, Coatings and Energy. Implementation takes place through three forms of intervention – strategic activities, basic activities and collaborative projects. The programme contributes to overcoming obstacles (to the development of the field) and to developing common (graphene) knowledge through the strategic activities of strategic development and strategic projects. Through the basic activities, the programme establishes the Swedish ecosystem for graphene and contributes to development of knowledge through communication, research intelligence and establishment of the network. The programme contributes to the development of graphene applications by funding three forms of collaborative projects: feasibility studies, research and innovation projects (R&I projects) and innovation and demonstration projects (I&D projects).

At the programme's annual meeting, the programme board is appointed, decisions on *new* areas of strength may be made, and subjects for open calls and activities for workshops are proposed. Organisations that are programme members have voting rights during the annual meeting. SIO Grafen's board is responsible for strategic governance of the programme and meets approximately four times a year. The programme office, which has its organisational residency at Chalmers Industriteknik (CIT), leads the ongoing operations.



Results and impacts

Participating companies state that their project participation has contributed to new R&I projects, patent applications and development of demonstrators and/or prototypes. In addition, several companies anticipate that they will be able to implement new materials or technologies in the future, and that they will be able to continue developing demonstrators and/or prototypes. In a few cases, projects have contributed to implementation or streamlining of production methods and to development of commercial graphene products. In some cases, projects already have contributed to commercial impacts such as increased turnover, new business areas and strengthened international competitiveness. Participating companies are quite optimistic about additional commercial impacts in the future, which is verified by the high number of patent applications. That companies mainly expect commercial impacts in the long term is natural given that the field of graphene is relatively immature.

Impacts that R&D performers (universities and research institutes) state that their project participation primarily has contributed to are a more industry-relevant R&I direction and development of new or modified materials and technologies. In many cases, projects have also led to new R&I projects, strengthened international competitiveness and patent applications. The fact that projects often lead to follow-up projects is valuable for participating research groups as it gives them opportunities to continue their research and to build competence in the graphene field.

The main impact of the programme is at systems level. The programme has facilitated the creation of a Swedish ecosystem for graphene, an ecosystem that encompasses actors with complementary competencies. The creation of the Swedish ecosystem for graphene has, in turn, contributed to competence development of both existing and new actors to the field, and has led to the renewal of the national graphene field.

From a societal perspective, there is great expectation among project participants that the graphene applications studied, developed and, in some cases, realised, will contribute to positive economic and environmental societal impacts – for example when graphene replaces another more environmentally hazardous material and extends the lifespan of a product. However, societal impacts of the programme depend on the development of the graphene field in general and whether graphene becomes profitable for companies to use.

Effectiveness, efficiency and role in innovation system

SIO Grafen's combination of forms of intervention – strategic activities, basic activities and collaborative projects – are effective and reflect the programme's objectives and vision. However, stakeholders and experts call on the programme to expand its efforts in standardisation, characterisation and quality assurance of graphene, as well as to develop its internationalisation efforts. SIO Grafen has so far been the only programme in Sweden focusing on innovation on graphene and other 2D materials. The programme brings together nearly all relevant actors, but they would like increased participation of foreign actors and large Swedish companies. The added value of the programme's overall activities is extensive considering the size of the programme. The programme is well on its way to achieve its long-term objectives and the programme's contribution to the SIP instrument's societal objectives is significant, but again dependent on the acceptance of graphene in society.

The programme's administration is effective and efficient for constructing, collating and maintaining the Swedish graphene ecosystem. SIO Grafen's gender-equality measures are well thought-through and its board and programme office have been gender-balanced for quite some time. Since the programme's host organisation is also a significant programme beneficiary, SIO Grafen should



endeavour to ensure that other actors have no reason to suspect that the host organisation receives any competitive advantage.

Recommendations

SIO Grafen is essentially a well-functioning programme with an exemplary and effective strategic approach, direction and management. The programme has had a significant impact on the Swedish ecosystem for graphene, whilst graphene has great potential for use in several industry sectors. The programme should receive increased funding to be able to scale up its interventions and activities in order to accelerate technology development and strengthening of the Swedish graphene ecosystem.

The following recommendations are forward-looking and focus on how the programme could be further developed:

- The programme should continue to monitor developments in its areas of strength and should, if necessary, revise them to ensure effectiveness
- The programme's work with agenda and programme logic is one of its strengths and should therefore continue
- SIO Grafen has not taken a position on whether, and if so how, the network of actors should survive the end of the programme. The programme should, in dialogue with its actors, develop a plan for this
- SIO Grafen's has well-thought-through gender-equality measures but should formulate a quantitative target for project leaders. The gender-equality measures should be mentioned in the agenda
- SIO Grafen has set well-formulated objectives for 2018-2020 and should set similar objectives for the next funding period
- The programme should continue to include its programme logic in the agenda, including reasoning on the underlying assumptions and risks
- SIO Grafen's resources allocated to standardisation, characterisation and quality assurance are considered insufficient. The programme should therefore prioritise efforts to standardise materials and production processes
- To further promote Swedish competitiveness, the programme should increase its focus on internationalisation
- In the future, the programme should consider targeted calls within specific areas of strength, alternatively more large R&I and I&D projects, to accelerate technology maturity of the graphene field and to increase acceptance of the material
- SIO Grafen's external communication and outreach activities primarily target potentially graphene-interested companies, but usually only reach a few individuals within these companies. The programme should therefore:
 - Continue to identify and communicate to a wide range of companies
 - Aim to reach additional individuals within already involved companies
- Given that the host organisation of the programme is a significant beneficiary, SIO Grafen should endeavour to ensure that other actors have no reason to suspect that the host organisation has any competitive advantage



1 Inledning

1.1 Uppdrag

På uppdrag av Verket för innovationssystem (Vinnova), Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas) och Statens energimyndighet (Energimyndigheten) (tillsammans "myndigheterna") har Faugert & Co Utvärdering i samarbete med Technopolis Ltd under 2020 utvärderat följande sex strategiska innovationsprogram (SIPar) som vid uppdragets början hade varit verksamma i sex år:

- Strategiska innovationsprogrammet BioInnovation
- Strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen
- Strategiska innovationsprogrammet för Sakernas Internet (IoT Sverige)
- Strategiska innovationsprogrammet Smartare elektroniksystem (SES)
- Strategiska innovationsprogrammet Swelife
- Strategiska innovationsprogrammet för flyg, Innovair

Syftet med utvärderingarna har varit att påvisa resultat och tidiga effekter som underlag för myndigheternas beslut om fortsatt finansiering, samt att utgöra stöd för både myndigheterna och SIParnas programkontor så att SIParna lär och utvecklas på bästa sätt. Utvärderingarnas primära målgrupper är myndigheterna och SIParna själva.

Utvärderingarna har omfattat respektive SIPs aktiviteter och insatser för att nå de mål som fastställts i dess egen agenda och programlogik, samt att identifiera resultat och tidiga effekter från de projekt och andra aktiviteter som finansierats genom programmet. Med andra ord har utvärderingarna omfattat programkontorets och styrelsens operationalisering av SIPen, samt arbetet i och resultat och tidiga effekter av de projekt och andra aktiviteter som finansierats genom programmet.

De frågor som utvärderingarna har haft i uppgift att besvara är:

Programstrategi, organisation och implementering

1. På vilket sätt är startade aktiviteter, insatser och projektportfölj i linje med vad som ska åstadkommas?
2. Hur väl lyckas programkontor och aktörer med förnyelse, nationell kraftsamling och mobilisering?
3. På vilket sätt jobbar programkontor och styrelse med öppenhet och likabehandling i genomförandet?
4. Hur har inriktningen av insatser som förstärker befintliga satsningar som görs både nationellt och internationellt utvecklats?
5. Hur ändamålsenliga är programkontorets och styrelsens arbetsätt, ledning och organisation? Vilka förbättringar finns det utrymme för?
6. Vilka mål för SIPen hade kunnat nås utan dess genomförande?
7. På vilka sätt skulle SIPens fortsatta verksamhet kunna förändras för att bli mer ändamålsenlig?
8. Ska SIPen finansieras ytterligare tre år? Om så är fallet, är rekommendationen att öka eller minska finansieringen från myndigheterna?



Programresultat och effekter

9. Vilka resultat och effekter har hittills åstadkommits genom de projekt som finansierats inom SIPen?
10. Hur har verksamheten i SIPen anpassats till förändringar i omvärlden?
11. Hur skapas i SIPen och projekten förväntad nytta för behovsägare och huvudintressenter?
12. Hur förhåller sig SIPen till jämförbara satsningar i andra länder?
13. På vilket sätt bidrar verksamheten i SIPen till de övergripande effektmålen för hela satsningen på SIPar?

Klassificering av SIPar

14. I vilken utsträckning är ambitionen att bidra till radikala eller systemiska förändringar?

Utvärderingsfrågorna 1–13 har formulerats av myndigheterna, medan fråga 14 är utvärderarnas tillägg för att bidra till ett lärande på policynivå. Fråga 14 kommer därför inte att ligga till grund för myndigheternas beslut om fortsatt finansiering.

1.2 Metoder

De sex parallella utvärderingarna har så långt möjligt tillämpat samma datakällor, datainsamlingsmetoder och analysmetoder. I utvärderingen av SIO Grafen har vi gått tillväga på följande sätt.

Dokumentstudier

Vi har bland annat studerat SIO Grafens två agendor, programlogiker, treårssjälvvärdering, sexårssjälvvärdering (se Självvärdering nedan), utlysningstexter, styrelseprotokoll samt diverse dokument tillhandahållna av programkontor och intervjupersoner.

Självvärdering

Programkontoret har skriftligen besvarat ett antal frågor av såväl kvantitativ som kvalitativ art, bland annat om programmets verksamhet, förhållningssätt till/samarbete med omvärlden, exempel på resultat och effekter, uppgifter om behovsägare¹ och styrelser samt vetenskapliga publikationer.

Registeranalyser

Utgångspunkten för utvärderingen har varit Vinnovas listor över projekt finansierade genom SIO Grafen.² Eftersom myndigheten endast har uppgift om kontaktpersoner hos projektledande organisationer har vi kontaktat dessa och bitt dem om namn och e-postadress till kontaktpersoner hos övriga projektdeltagare för att kunna sända dem inbjudningar till webbenkäter och för att kunna intervjua ett urval av dem (se Webbenkäter respektive Djupintervjuer nedan). Projektlistorna har även legat till grund för **finansieringsanalyser** för att bland annat visa vilka organisationer som har deltagit i projekten samt för **sociala nätverksanalyser (SNA)** för att karakterisera samarbetsmönster. Vinnova har utöver projektlistorna tillhandahållit en stor mängd andra data och analyser.

¹ Behovsägare är vår benämning för en organisation som har ett Fol-behov som, om tillfredsställt, kan omsättas till nytta för organisationen, dess partners och/eller samhället.

² Samtliga sex SIPar i 2020 års utvärderingsomgång administreras av Vinnova.



Djupintervjuer

Vi har genomfört 42 intervjuer med representanter för programkontor och styrelse (främst i samband med ett inledande platsbesök), behovsägare och projektdeltagare. Några personer har intervjuats flera gånger. Bilaga A sammanställer dem vi har intervjuat.

Webbenkäter

Vi har bjudit in alla projektdeltagare att besvara en webbenkät. Vi har använt oss av två olika varianter, en webbenkät riktad till representanter för företag och en till representanter för FoU-utförare³. Enkätvarianterna är till stor del identiska, men skiljer sig åt i hur vissa frågor formulerats för att ta hänsyn till respondenternas olika verksamhetsidéer och förväntade effekter. Bilaga B beskriver genomförandet och återger frågorna i enkäten till företag. Svarsbenägenheten i webbenkäterna kan sammanfattas på följande vis:

- Enkäten till projektdeltagare från företag skickades till 99 personer och resulterade i 48 svar, vilket innebär en svarsfrekvens om 48 procent
- Enkäten till projektdeltagare från FoU-utförare skickades till 53 personer och resulterade i 29 svar, vilket innebär en svarsfrekvens om 55 procent

Bibliometriska analyser

Projektledare i avslutade projekt ska besvara en enkät från Vinnova som bland annat efterfrågar vilka publikationer som har resulterat från projektet. Programkontoret har fått möjlighet att komplettera denna lista med saknade publikationer. Den kompletterade publikationslistan har legat till grund för en bibliometrisk analys för att kvantifiera SIO Grafens produktivitet, inomvetenskapliga "kvalitet" och sampubliceringsmönster, se bilaga C.

Sakkunnig bedömning

Vi har anlitat två sakkexperter för att bedöma SIO Grafens verksamhet och projektportfölj. Sakkexperterna nominerades av programkontoret och myndigheterna (särskilt Vinnovas handläggare för programmet), varefter myndigheterna kontrollerade de föreslagna kandidaterna med avseende på jäv. Sakkexperternas rapport återfinns i bilaga D.

Presentationer

Vid ett tolkningsseminarium 2020-09-08 presenterade utvärderingsteamet ett urval av sina observationer, reflektioner och preliminära slutsatser för representanter för programkontor, styrelse och myndigheter. Teamet presenterade vidare 2020-10-15 sina preliminära rekommendationer för programchef, styrelseordförande och myndighetsrepresentanter. Deltagandet vid presentationstillfällena framgår av bilaga A. Båda presentationstillfällena genomfördes i kvalitetssäkrande syfte; tolkningsseminariet för att stimulera till diskussion kring observationerna och teamets preliminära tolkningar av dem, presentationen av de preliminära rekommendationerna för att säkerställa att de slutgiltiga rekommendationerna inte skulle riskera att vara baserade på någon form av missförstånd.

1.3 Genomförande

Utvärderingen genomfördes under perioden januari–november 2020 av projektledare Markus Lindström samt Amanda Bengtsson Jallow och Jonatan Ryd. Ett för alla SIPar gemensamt centralt team lett av Tomas Åström och Sebastian Eriksson Berggren, och bestående av Sam Kuritzén och Josefine Olsson, har assisterats av Mårten Viberg, Maria Ricksten och Oscar Peterson. Det centrala teamet har bland annat genomfört webbenkäter och kvantitativa analyser samt har tillhandahållit riktlinjer och verktyg för momenten beskrivna i föregående avsnitt. De bibliometriska analyserna

³ FoU-utförare är vår samlingsbenämning för forskningsinstitut, universitet och högskolor.



har genomförts av professor Rickard Danell, Umeå universitet. Erik Arnold har varit metodansvarig och Göran Melin och Sven Faugert har bistått med kvalitetssäkring.

Vi är tacksamma för att SIO Grafens programkontor har tillhandahållit en mängd underlag, varit värd vid två platsbesök och ställt upp på intervjuer, samt för att ett stort antal intervjupersoner och enkätrespondenter har ställt upp med sin tid. Vi har även fått stor hjälp av representanter för de tre myndigheterna, och då i synnerhet Vinnova som välvilligt har bistått med omfattande dataunderlag.

1.4 Rapportens disposition

Efter detta inledningskapitel följer i **kapitel 2** en beskrivning av programmets bakgrund och utveckling. **Kapitel 3** redogör för de resultat och effekter för deltagande företag som utvärderingen har kunnat konstatera och **kapitel 4** gör sammalunda för deltagande FoU-utförare, medan **kapitel 5** beskriver resultat och effekter på system- och samhällsnivå. **Kapitel 6** behandlar programmets roll och anpassningsförmåga, och **kapitel 7** dess ändamålsenlighet, måluppfyllelse och additionalitet. **Kapitel 8** resonerar kring programmets bidrag till radikala eller systemiska förändringar, medan **kapitel 9** beskriver dess administration och processer. Det avslutande **kapitel 10** sammanfattar utvärderingens huvudsakliga konstateranden i ljuset av programmets syften och mål för att till sist avrunda med utvärderingens rekommendationer.

Intervjupersonerna och deltagarna i presentationerna finns sammanställda i **bilaga A**. **Bilaga B** beskriver kort genomförandet av webbenkäterna och återger frågorna i webbenkäten riktad till företag. **Bilaga C** redogör för den bibliometriska analysen och **bilaga D** redovisar experternas sakkunniga bedömning. **Bilaga E** visar en förenklad version av SIO Grafens programlogik, **bilaga F** innehåller en sammanställning av svaren på utvärderingsfrågorna och **bilaga G** en lista på förkortningar.

2 Programmet

Detta kapitel inleds med en beskrivning av SIO Grafens ämnesområde författad av programkontoret, varefter vi redogör för programmets målsättning, sammanfattar de senaste utvärderingarnas konstateranden, beskriver implementeringen av programmet och slutligen analyserar programmets finansiering. Kapitlet bygger främst på dokumentstudier, särskilt av programmets självvärdering och andra underlag från programkontoret, samt intervjuer och registeranalyser.

2.1 Ämnesområde⁴

2.1.1 Grafen – möjligheternas material

Grafen uppmärksammades 2010 när Andre Geim och Konstantin Novoselov tilldelades Nobelpriset i fysik för sina banbrytande experiment med det tvådimensionella materialet. Grafen kallas ibland "ett supermaterial" eftersom det har så många användbara egenskaper. Att grafen endast är ett atomlager tjockt gör det till världens tunnaste material som även är mycket lätt. Det är också böjbart och transparent samtidigt som det är en mycket god ledare av värme och elektricitet.

Sedan 2010 har både omfattande forskning och tillämpning inom grafenområdet skett, men att materialet är så pass nytt både i Sverige och internationellt gör att vidare forskning och utveckling (FoU) inom området är nödvändig. Grafen kan dels modifieras eller funktionaliseras på olika sätt, dels framställas och erhållas i olika former, såsom flingor, större flak etc. Det innebär att det fortfarande är svårt att veta vilken form av grafen som passar bäst för en specifik tillämpning, vilket är en utmaning som såväl programmet som grafentillverkare står inför.

2013 startade EUs största forskningssatsning någonsin, Graphene Flagship, som koordineras av Institutionen för fysik vid Chalmers.⁵ Att koordinationen av programmet hamnade i Sverige var också en startpunkt för SIO Grafen att skapa ett nationellt ekosystem för grafen som kompletterade det som skapades på europeisk nivå.

SIO Grafens mål är att öka den tekniska mognaden för grafen och etablera grafen som en ny materialklass för att lösa framtida utmaningar. Här ingår att visa på när grafen är lämpligt att använda, men också tydliggöra när grafen inte är rätt lösning. SIO Grafen ska också stärka kunskapsöverföring mellan olika branscher samt mellan företag och FoU-utförare. Programmet ska dessutom etablera Sverige som ett av de ledande innovationsländerna inom grafen och därigenom utveckla och etablera nya värdekedjor, stärka samverkan och stimulera svensk grafentillverkning.

2.1.2 Unika egenskaper

Grafen kan framställas antingen som små mikrometerbreda flagor eller som en film eller folie på flera kvadratcentimeter eller större. Grafen är böjbart och kan tänjas ut upp till 20 procent utan kvarstående deformationer.⁶ Bindningarna mellan kolatomerna är oerhört starka vilket gör att grafen är omkring 200 gånger mer hållfast än stål.⁷ Elektronrörligheten är cirka 100 gånger snabbare än i kisel vilket gör att också ledningsförmågan är mycket god.⁸ Eftersom grafen endast består av ett lager av atomer är det väldigt känsligt för påverkan på ytan från andra material. Till exempel ändras

⁴ Detta avsnitt är skrivet av programkontoret och kvalitetssäkrat av saksakexperterna.

⁵ <https://graphene-flagship.eu/project/Pages/About-Graphene-Flagship.aspx>

⁶ Nature Communications, <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14130-0>

⁷ <https://science.sciencemag.org/content/321/5887/385.abstract>

⁸ <https://www.nature.com/articles/nnano.2008.58>



den elektriska ledningsförmågan om en molekyl träffar ytan. Denna förändring kan mätas och utnyttjas för att tillverka sensorer. Grafenflagor kan också enkelt blandas med andra ämnen för att erhålla nya funktioner. De många egenskaperna och variationen av materialtyper gör att grafen kan utgöra grunden i många olika tillämpningar, allt från multifunktionella kompositer (elektriskt ledande, starka och lätta), syrgasbarriärer i förpackningar, korrosionsskydd, i böjbar elektronik och displayer samt i gas- och biosensorer med hög känslighet. Grafen kan alltså lösa många utmaningar, men är inte alltid svaret på frågan om hur ett material kan få förbättrade egenskaper.

2.1.3 SIO Grafen

När SIO Grafen startade 2014 fanns inget sammanhängande ekosystem för grafen varken i Sverige eller internationellt. Ytterst få utanför de svenska universiteten hade arbetat med eller ens hört talas om grafen. En stor del av arbetet under programmets första sex år har därför handlat om att medvetandegöra svenska aktörer om potentialen med grafen och få dem att undersöka hur potentialen faktiskt går att utveckla till affärsmässiga fördelar, tjänster eller produkter. Detta arbete fortsätter även under kommande år, samtidigt som behovet av att involvera internationella organisationer för att bygga starkare leverantörskedjor växer.

Programmet har sex styrkeområden: Elektronik, Komposit, Bioteknik, Tillverkning, Ytbeläggningar och Energi. Idag har 140 svenska företag och andra organisationer deltagit i projekt via SIO Grafen. Programmets vision är att Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen för att säkerställa industriellt ledarskap år 2030.

2.1.4 Grafens roll i klimatutmaningen

Enligt FN är innovation och teknologiska framsteg nyckeln till att finna hållbara lösningar för såväl ekonomiska som miljömässiga utmaningar. Det bidrar dessutom till att skapa nya marknader och arbetstillfällen som kan bidra till en effektiv och jämlik resursanvändning. Att investera i hållbara industrier, forskning, miljövänlig teknik och innovation är alla viktiga sätt att skapa förutsättningar för en hållbar utveckling.⁹

Flera av SIO Grafens mål har koppling till de globala målen (Agenda 2030). Genom att uppfylla målen för SIO Grafen kan programmet därmed bidra till att bygga motståndskraftig infrastruktur, verka för en inkluderande och hållbar industrialisering och främja innovation. Detta är några av de delmål som ingår under det globala målet Hållbar industri, innovationer och infrastruktur.¹⁰

Genom att tillvarata den senaste forskningen inom grafen, driva projekt och skapa mötesplatser för samverkan mellan industri, akademi och forskningsinstitut bidrar SIO Grafen till att utnyttja de möjligheter och den potential som grafen har, men också den kunskap som finns och som ständigt utvecklas. Med sina unika egenskaper kan materialet exempelvis nyttjas för tillverkning av högkänsliga sensorer som kan användas inom allt från bilindustrin till datorer. Sensorerna kan i sin tur bidra till effektivare resursanvändning, vilket är ett av delmålen för det globala målet Hållbar industri, innovationer och infrastruktur hos Agenda 2030.

Grafen kan också verka som skydd mot kloridinträngning vilket kan bidra till att öka livslängden hos en mängd olika material, till exempel betong, och således bidra till att bygga motståndskraftig infrastruktur. Att välja grafen framför ett tyngre material kan dessutom bidra till lägre vikt hos det modifierade materialet, något som därmed minskar energi- och resursbehovet i exempelvis transportsammanhang.

⁹ FNs globala mål 2030

¹⁰ <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-9-hallbar-industri-innovationer-och-infrastruktur/>

När det kommer till att öka motståndskraften mot slitage och nedbrytning har grafen stor potential att göra både rena material och kompositer mer tåliga för svåra väderförhållanden och klimatförändringar, exempelvis genom sin förmåga att verka som korrosionsskydd. Att öka hållbarheten hos befintliga material, både i fråga om hållfasthet och att stå emot slitage, skulle också öka livslängden hos såväl infrastruktur som bostäder och andra byggnader. En ökad användning av grafen skulle därmed ha potential att förlänga livscykeln och minska renoveringsbehoven av infrastruktur, bostäder och andra byggnader, men även andra tillämpningsområden kan få ett längre liv tack vare grafen.

SIO Grafen har möjliggjort projekt som har samlat företag och FoU-utförare längs hela värdekedjan från råmaterial till färdig produkt. Ett exempel är Fol-projektet *Novel methods to include graphene as a packaging barrier* som pågick under 2016–2017.¹¹ I projektet undersöktes om små mängder grafen kunde ersätta aluminiumfolie som syrgasbarriär i förpackningar, något som skulle leda till miljövänligare förpackningsmaterial. I projektet deltog flera olika aktörer och resulterade i att två demonstratorer utvecklades där dessa visade på goda möjligheter att applicera tillämpningen industriellt.

Det finns också många andra områden där grafen diskuteras som en möjliggörare i en mängd produkter. Huruvida grafen skulle kunna bidra till mer miljövänliga och effektiva batterier har diskuterats av SIO Grafens medlemmar och representanter från batteriforskningen. Därutöver har det genomförts fokusworkshops och projekt på batteriområdet. Grafenkompositer i superkondensatorer har också visat sig ha lovande egenskaper. Möjligheterna med materialet är helt enkelt många, och det finns anledning att tro att möjligheterna kommer att fortsätta växa i takt med att forskningen utvecklar nya innovationer.

2.2 Målsättning och utveckling

Som grund för alla sjutton SIPar ligger en satsning på så kallade strategiska innovationsagendor (SIA), som de tre finansierande myndigheterna inledde genom utlysningar 2012 och 2013. Varje SIP förväntas arbeta utifrån en sådan agenda, som de kan uppdatera vid behov. Vid tidpunkten för utvärderingen har SIO Grafen reviderat sin ursprungliga agenda en gång och använder sig av den andra generationens strategiska agenda. En uppdatering har initierats och startat under 2020.

Grafen är ett tvådimensionellt material (2D-material) och det 2D-material som anses ha kommit längst i sin utveckling. Både den ursprungliga och uppdaterade agendan fokuserar på och utgår från grafen som material, men den omfattar även andra 2D-material.¹² I och med att grafen är ett relativt ungt material har programmet inriktat sig på att identifiera tillämpningsområden och aktörer som materialet kan vara intressant för istället för att utgå från en redan fördefinierad och etablerad grupp av aktörer.

Arbetet med den ursprungliga agendan genomfördes av en mindre arbetsgrupp som bestod av redan etablerade forskare inom grafenområdet samt representanter från små- och medelstora företag (SMF) och stora företag. Det var även öppet för icke inbjudna aktörer att komma med inspel till agendan, men det fanns då få aktörer inom området i och med att materialområdet var ungt. I den ursprungliga agendan identifierades sju svenska styrkeområden, inom vilka dels Sverige ansågs

¹¹ https://siografen.se/success_story/grafenbarriar-ger-miljovanligare-forpackningar/

¹² För enkelhetens skull kommer vi i denna rapport att (om inte annat tydliggörs) benämna samtliga 2D-material som omfattas av programmet som "grafen".

vara industriellt starkt, dels det ansågs finnas stor potential att implementera grafen.¹³ I arbetet med den ursprungliga agendan utarbetades även en vision om att Sverige ska vara ett av de tio ledande länderna i världen att använda grafen i industrin. Till visionen kopplades sedermera effektmål. Därtill etablerades indikatorer till effektmålen för programmets första etapp, 2014–2016.¹⁴ Det som programmet benämner mätbara mål väljer vi att i denna rapport kalla indikatorer.

Under 2018 uppdaterades agendan och i samband med detta justerades och förfinades styrkeområdena för att möta förändrade omvärldsfaktorer och den snabba utvecklingen inom området. Några styrkeområden delades, medan andra slogs samman - Sensor och Högfrequenselektronik slogs samman till Elektronik medan Komposit bröts ur Tillverkning och skapade ett eget styrkeområde. Styrkeområdena har dock i stort varit desamma under programmets gång och omformuleringen av dem var snarare en ompaketering än en förändring i forskningsinriktning. Ompaketeringen grundades i erfarenheter från den första programperioden om områdenas olika söktryck. Arbetet med uppdateringen av agendan utfördes av en arbetsgrupp (som bestod av fler deltagare jämfört med den som tog fram den första agendan) och en referensgrupp. Arbetsgruppen bestod till största del av representanter för stora företag men även SMF och FoU-utförare deltog, medan referensgruppen hade en bredare representation. Därtill arrangerades två öppna workshops där SIO Grafens aktörer uppmuntrades att ge inspel till agendan.

Den uppdaterade agendan kunde förkortas och spetsas till tack vare att grafenområdet vuxit med fler etablerade aktörer. Visionen förblev densamma och även aktiviteterna som skulle leda till visionen var snarlika, men i agendan förtydligades hur Sverige faktiskt ska etablera sig som ett av världens tio ledande länder inom grafen. Indikatorerna uppdaterades utifrån erfarenheter från den första programperioden.

Den ursprungliga programlogiken (SIO Grafen kallar den för effektlogik, men det är i detta fall samma sak) som togs fram 2014 innehåller effekter (likvärdigt med effektmål), vilka indikatorer som avser bidra till att effektmålen nås samt vilka insatser som genomförs för att nå effektmålen vilket illustreras genom en matris. Programlogiken har uppdaterats flera gånger, framförallt med hänsyn till omvärldsförändringar, och sedan 2017 har den uppdaterats årligen. Utvecklingen av programlogiken har sedan 2017 skett genom följande övergripande förändringar:

- 2017: Programlogiken konkretiserades och spetsades till – från att ha varit mer textbaserad till att bli mer lik den nuvarande formen med en matris som illustrerar hur de olika aktiviteterna avser att bidra till att nå programmets mål
- 2018: Programlogiken konkretiserades ytterligare. De aktiviteter som programkontoret genomför specificerades. Även aktiviteter utanför programmet som förväntas bidra till att nå programmets effektmål lades till
- 2019: Specificeringen av programkontorets aktiviteter togs bort. Programlogiken fokuserade istället på programmets sammantagna bidrag till att nå effektmålen och i förlängningen SIParnas övergripande mål. Ett hållbarhetsmål lades till som ett effektmål
- 2020: Styrkeområdena lades till i programlogiken, vilket innefattade hur resultat från finansierade projekt inom respektive styrkeområde ska bidra till att nå indikatorer och effektmål. Under 2020 togs även en förenklad version av programlogiken fram för att underlätta kommunikation om programmet

¹³ De ursprungliga styrkeområdena var: Tillverkning, Högfrequenselektronik, Energi, Barriär, Sensor, Tryckt elektronik, Medicinteknik.

¹⁴ Exempelvis rörande antal företag som jobbar med grafen, antal företag som varit involverade i projekt samt antal produkter som kommit fram.



SIO Grafen uttrycker i programlogiken för 2020 följande vision:

Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utveckla och utnyttja grafen.

I programlogiken från 2020 har visionen följande effektmål knutna till sig:

- Etablera grafen som ett svenskt industriellt styrkeområde
- Stärka samverkan och värdekedjor tvärs sektorer
- Stimulera svensk grafentillverkning
- Grafen stödjer omställning till hållbart samhälle¹⁵

För att nå visionen och de långsiktiga effektmålen så har de senare kompletterats med mer kortsiktiga effektmål (för 2025 och 2030) för att koppla i till resultatmål och planerade aktiviteter inom motsvarande tidsperspektiv.

Effektmålen för 2025 är följande:

- Det svenska ekosystemet för grafen har en hög internationell synlighet och attraktivitet
- Det svenska ekosystemet är attraktivt och ändamålsenligt för relevanta aktörer
- Svensk grafentillverkning etablerad
- Materialförädlade företag med grafenerbjudanden etablerade
- Grafen är ett etablerat material för svenska produktproducenter

Effektmålen för 2030 är följande:

- Grafen och grafenprodukter bidrar till att öka svenska företags konkurrenskraft
- Starkt aktörsnätverk inom grafen med alla nödvändiga aktörer och leverantörskedjor etablerat i Sverige
- Svensk grafentillverkning etablerad
- Materialförädlade företag med grafenerbjudanden etablerade
- Grafen är ett etablerat material för svenska produktproducenter
- Företag med produktion av och med grafen är attraktiva
- Produkter med grafen bidrar till hållbar produktion genom ett effektivare resursutnyttjande
- Produkter med grafen bidrar till lägre användning av miljö- och samhällsfarliga material
- Produkter med grafen bidrar till bättre livskvalitet genom nya biotechinnovationer

Utöver effektmålen finns även aktiviteter och mätbara resultat (som kan användas som indikatorer) som ska bidra till att nå effektmålen, och i slutändan programmets vision.

Sedan 2004 har forskning kring grafen exploderat. "Scotch tape-metoden" för att framställa grafen ur grafit som forskarna vid Manchester University använde sig av var så enkel och effektiv att forskningsområdet växte explosionsartat. Idag forskar hundratals labb världen över inom grafenrelaterade områden. Utvecklingen av området har dessutom underlättats av att den använda metoden är billig och inte kräver avancerad teknik. Denna metod är dock inte gångbar ur ett industriellt perspektiv och för framställning av grafen i stor volym.

¹⁵ Målet tillkom under 2019

Graphene Flagship (hädanefter Flaggskeppet) är ett av tre *Future and Emerging Technology Flagships* som initierats av Europeiska kommissionen för utveckling av framtidens nya material.¹⁶ Flaggskeppet har totalt en miljard euro i budget och koordineras av Chalmers tekniska högskola (hädanefter Chalmers; i tabeller och figurer CTH). Syftet med Flaggskeppet är att föra samman akademiska och industriella forskare för att ta grafen från labb till samhälle på 10 år. I Flaggskeppet ingår idag över 150 akademiska och industriella forskningsgrupper från 23 länder.¹⁷ Som tidigare nämnts innebar Flaggskeppets start 2013 en unik möjlighet för Sverige att etablera sig inom området. Ungefär samtidigt startade Vinnova, Energimyndigheten och Formas sin satsning på SIA. En SIA för grafen togs sedermera fram, vilket innebar startskottet för det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen.¹⁸

Det finns ingen direkt föregångare till SIO Grafen. Stiftelsen för strategisk forskning (SSF) och Vetenskapsrådet (VR) hade sedan tidigare haft mindre satsningar inom grafenområdet. Exempelvis så hade SSF vid tre tillfällen finansierat grafenprojekt och VR hade kontinuerligt finansierat grafenrelaterade projekt, men i liten skala. Kompetenscentret FunMat vid Linköpings universitet har arbetat med grafen, även om det inte varit en uttalad satsning på området.

Utöver Flaggskeppet och SIO Grafen har Chalmers ett forskningscentrum med fokus på grafen – The Graphene Centre at Chalmers (GCC). Centrumets vision är att Chalmers ska bli en av de ledande forskningsinstitutionerna inom 2D-material genom att samla all forskning inom området som bedrivs vid Chalmers. Centrumet, som vänder sig till såväl forskare och studenter som näringsliv, är tänkt att fungera som ett forum för 2D-material för att utbyta idéer, identifiera möjliga synergier, stimulera till samarbeten, koordinera samverkansansökningar för stora projekt etc.¹⁹

Under 2020 bildades ett nytt kompetenscentrum för forskning på 2D-material kallat 2D-Tech vid Chalmers med stöd från Vinnova. Satsningen ska fokusera på teknologi baserad på 2D-material inom flera olika applikationsområden för svensk industri. Programchefen för SIO Grafen är adjungerad i 2D-Techs styrelse, och vice versa för 2D-Techs centrumföreståndare.²⁰

Genom det europeiska projektet FLAG-ERA erbjuder Vinnova och VR finansieringsmöjligheter (för svenska aktörer) för tillämpad grafenforskning i samverkan med organisationer i andra länder. I FLAG-ERA deltar 26 länder med 39 nationella forskningsfinansierare. Ett av huvudsyftena för FLAG-ERA är att stödja och komplettera Europeiska kommissionens flaggskepp genom gemensamma öppna utlysningar från de nationella forskningsfinansierarna. Sverige deltar aktivt enbart inom grafenområdet.²¹ Deltagandet inom grafenområdet är starkt kopplat till att Flaggskeppet leds från Sverige.

Technology Readiness Level (TRL) är ett verktyg för att karakterisera projekts teknikmognadsnivå på en skala från studium av grundläggande vetenskapliga principer (TRL1) till framgångsrik användning i kommersiell eller offentlig verksamhet (TRL9). De svenska satsningarna fokuserar på olika TRL-nivåer, och är på så vis tänkta att komplettera varandra, se Figur 1²². GCC och 2D-Tech befinner sig på lägre TRL än SIO Grafen och är mer inriktade på grundforskning (om än med

¹⁶ Det andra flaggskeppet är Human Brain Project för forskning om den mänskliga hjärnan.

¹⁷ <http://graphene-flagship.eu/project/Pages/About-Graphene-Flagship.aspx>

¹⁸ De strategiska innovationsprogrammen kallades till en början för strategiska innovationsområden (SIO), vilket förklarar SIO Grafens namn.

¹⁹ <http://www.chalmers.se/en/centres/graphene/Pages/default.aspx>

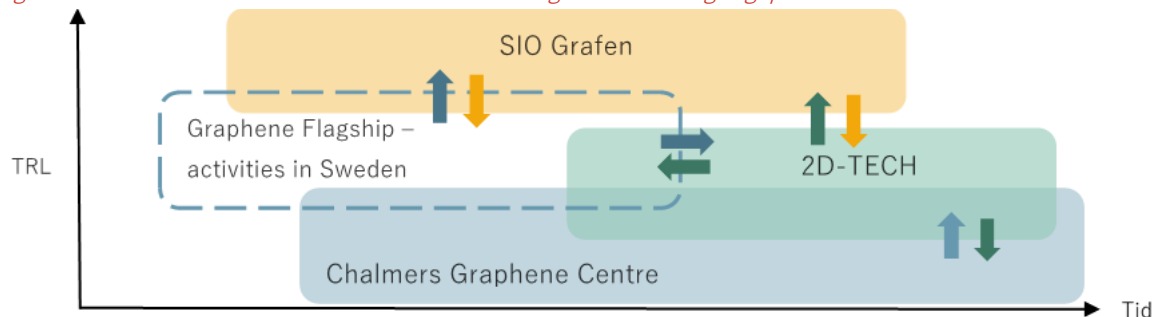
²⁰ <https://www.chalmers.se/en/centres/2d-tech/about%20us/Pages/default.aspx>

²¹ <https://www.vinnova.se/m/horizont-2020/partnerskapsprogram/flag-era-grafen/>

²² Pilarna i figuren illustrerar informationsutbyte och överhörning mellan satsningarna.

tillämpningar i åtanke) och på generisk kunskapsuppbyggnad för grafen och 2D-material. SIO Grafen å sin sida är mer tillämpningsinriktat och har fokus på att bidra till att grafenlösningar når marknad och samhälle, och programmet befinner sig därför på högre TRL. Flaggskeppet befinner sig däremellan.

Figur 1 Illustration över innovationsområdet för grafen med utgångspunkt från Chalmers.



Källa: Ermin Malic, ansökan 2D-Tech.

2.3 Treårsutvärdering²³

Huvudsyftet med treårsutvärderingen av SIParna var att utvärdera etableringsfasen och att belysa och skapa en förståelse för programmets styrkor och förbättringspotential. Treårsutvärderingen fann att SIO Grafen var ett väl designat program med hög professionalitet i ledningen. Området bedömdes vara intressant med potential att skapa goda möjligheter för innovation. Utvärderingen konstaterade även att det fanns behov av en uttalad satsning inom området.

Utvärderingen konstaterade vidare att programlogiken är rimlig och på ett överskådligt sätt beskriver hur programmets insatser förväntas bidra till resultat och effekter. Programmet befanns arbeta aktivt med programlogiken i till exempel workshoppar. Genomförda insatser bedömdes vara i linje med programlogiken och relevanta då området befinner sig i ett utvecklingsskede i Sverige. När den ursprungliga innovationsagendan togs fram var det ytterst få företag i Sverige som hade arbetat med grafen. Vid tiden för utvärderingen hade åtminstone 45 företag satsat på innovationsprojekt med grafen. Programmets kommunikation befanns vara aktiv, vilket bidrar till att samla områdets aktörer och skapa goda kopplingar till andra satsningar på nationell nivå.

Utvärderingen fann dock att det saknades en tidsmässig förankring av aktiviteter, målsättningar och förväntade effekter. Programlogiken saknade uppföljningsbara indikatorer. Utvärderingen bedömde även att det var otydligt vilka som var Sveriges styrkeområden inom grafen och att det var oklart hur programmet skulle fokuseras mot styrkeområdena när väl behov av fokus uppstår.

Treårsutvärderingen rekommenderade programmet att:

1. Fortsätta sitt arbete med att identifiera inom vilka grafenbaserade områden som Sverige bedöms ha störst potential att bli internationellt framstående. Programmet behöver ha en beredskap inför kommande strukturförändringar inom grafenområdet så att nya insatser kan styras till de områden där störst potential finns
2. Se över processen för att ta fram inriktning för programmets utlysningar. Programmet bör säkerställa att flera aktörer ges möjlighet att delta och påverka innehållet i utlysningarna

²³ M. Gröning, M. Schofield och C. Palmberg, "Utvärdering strategiska innovationsprogram – Första utvärderingen av Innovair, BioInnovation, IoT Sverige, Smartare Elektroniksystem, SIO Grafen och Swelife", VR 2017:05, Vinnova, 2017.

3. Ta fram en strategi för jämställdhet. Strategin behöver ha en mer ambitiös ansats än att säkerställa en balanserad könsfördelning vid tillsättning av personer vid ledande positioner i programmet. Strategin behöver beakta programmets verksamhet ur ett genusperspektiv
4. Införa uppföljningsbara mål och delmål i effektlogiken för att underlätta analys av projektportföljens utveckling enligt effektlogiken
5. Fortsätta arbetet med att identifiera utmaningar som finns för områdets utveckling, till exempel avsaknad av standarder eller andra hinder mot industriell uppskalning och genomföra aktiviteter för att adressera dessa utmaningar, till exempel i form av enskilda projekt
6. Växla upp insatserna från Flaggskeppet på en nationell nivå så att de båda initiativen kompletterar varandra. SIO Grafen har etablerat flera kontakter och synergier med andra strategiska innovationsprogram, te.x. Smartare Elektroniksystem och SIP Lättvikt
7. Med tiden även rikta kommunikationsinsatserna mot allmänheten för att sprida kunskap om grafen och dess möjligheter
8. Överväga att, i takt med att projekten utvecklas, se över behovet av att införa ett mer systematiskt stöd till projekten för att hantera utmaningar som är gemensamma för flera projekt

Efter treårsutvärderingen inkom programmet med en handlingsplan till finansörerna med åtgärder utifrån utvärderingens rekommendationer. Handlingsplanen fokuserar främst på rekommendationerna om att införa mål och delmål för att underlätta analys, projektstöd och jämställdhetsarbete. Resterande rekommendationer ansågs vara i linje med redan då pågående arbetssätt varför inget större fokus lades på dessa.

2.4 Implementering

I det här avsnittet introducerar vi SIO Grafens organisation samt de instrument och styrkeområden som programmet sedan starten 2014 är strukturerat utifrån. Vi presenterar även SIO Grafens vägledande principer för hur programmets insatser ska byggas upp och bedrivs.

2.4.1 Organisation

Organisatoriskt har SIO Grafen sedan start haft den struktur som beskrivs i Figur 2. Årsstämman (General Assembly, GA) är det högsta beslutsfattande organet i programmet. Stämman beslutar om nya prioriterade styrkeområden och utser styrelsen, och kan föreslå ämnen för öppna utlysningar och aktiviteter för workshoppar. Stämman sammanträder en gång per år och är ett centralt forum för partners att delta i strategiska diskussioner. Styrelsens ordförande agerar ordförande i stämman. Organisationer som tecknat medlemskap har rösträtt.

Figur 2 Organisationsschema för SIO Grafen.



Källa: Självvärdering.

Styrelsen fattar beslut om utlysningar och styrkeområden. Styrelsearbetet medför in-kind arbete motsvarande cirka 50 timmar per år och ledamot. Styrelsen träffas ungefär fyra gånger per år. Sammankallande är programchefen tillsammans med ordföranden. Styrelsens ordförande leder styrelsearbetet och följer programmets inriktning genom regelbundna kontakter med programchefen. Vid behov medverkar ordföranden också vid viktigare externa kontakter och vid de årliga uppföljningsmötena med Vinnova. Sedan 2017 har programmet också en vice ordförande.



Programkontoret som leder den dagliga verksamheten har sin hemvist hos Chalmers Industriteknik (CIT). Programkontoret ansvarar för den operativa verksamheten och att programmet drivs mot programmets mål och vision i enlighet med strategin. Detta sker genom uppföljning och utvärdering av verksamheten och projektportföljen, administration av medlemskap, framtagande av beslutsunderlag till styrelsen, samarbete med Vinnova kring öppna utlysningar samt genom att ge aktörerna tekniskt stöd i grafenfrågor. Programkontoret har under perioden 2014–2019 bemannats med cirka två heltidstjänster, fördelade på en programchef (60 %), kommunikation och administration (70 %), aktörsnätverk (30–50 %), och omvärldsbevakning (25–40 %).

Ambitionen är att styrelsen ska bestå av 8–10 ledamöter med nationell geografisk spridning, jämn könsfördelning, samt att minst två ledamöter vardera ska representera stora företag, SMF, forskningsinstitut och universitet. Industrirepresentanterna i styrelsen utgörs främst av personer i strategiska positioner inom sina respektive organisationer. De finansierande myndigheterna är adjungerade i styrelsen.

Tidigare hade programmet ett sponsorpartnerskap med en avgift anpassad efter organisationens storlek. Avgiften användes bland annat till medfinansiering av basaktiviteter. Kravet på medfinansiering av basaktiviteter slopades 2019, och sponsorpartnerskapet ersattes då av ett gratis medlemskap för att engagera fler aktörer i programmet. Vid tidpunkten för utvärderingen har programmet 35 medlemsorganisationer från UoH, forskningsinstitut, stora företag, SMF och myndigheter. Medlemskap ger organisationer rösträtt på årsstämman, möjlighet att väljas till styrelseuppdrag samt att organisationens logotyp syns på programmets hemsida.

2.4.2 Styrkeområden

SIO Grafen fokuserar på sex styrkeområden som ursprungligen identifierades i 2013 års agenda och som tillsammans utgör programmets fokus inom grafenområdet. Utgångspunkten för dessa områden är svensk industris uttalade intresseområden. Som tidigare nämnts så har styrkeområdena reviderats genom åren allteftersom utvecklingen gått framåt. Vid tidpunkten för utvärderingen arbetar programmet mot följande styrkeområden:

Elektronik

Grafen utvecklas inom områden som elektronisk systemintegration och prestanda. Grafen kommer troligtvis återfinnas som byggstenar i nya enheter såsom trådlösa applikationer, systemintegration och sensorer, som kommer att ha stor samhällspåverkan. Det tar vanligtvis flera decennier att etablera nya materialsystem på en kommersiellt gångbar nivå inom elektronik, och grafen är i början av denna utveckling. Med tanke på den befintliga teknikens tekniska mognad och marknadssituation förväntas grafensensorer skapa betydande ekonomiska och samhälleliga fördelar för Sverige inom den närmaste framtiden (inom fem år) eller på längre sikt (inom tio år).

Grafen har lovande tillämpningar inom en stor variation av sensorer, såsom biologiska, elektrokemiska, elektriska, magnetiska, optiska, mekaniska och gassensorer. Jämfört med konventionella material ger grafen en högre känslighet i de flesta sensorer. Grafens höga elektriska ledningsförmåga och rörlighet gör att det är möjligt att ersätta metalliska elektroder och finna nya tillämpningar. Grafensensorer som kan övervaka maskiners driftstatus mer exakt, särskilt under svåra arbetsförhållanden, har potential att introduceras på den stora maskinmarknaden för att ge svensk industri som helhet fördelar. På längre sikt förväntas vissa biosensorer uppfylla avancerade medicinska behov på svenska sjukhus och stärka ett kluster av företag som omfattar produktion och kommersialisering av sensorenheter för olika slutanvändare (patienter, kliniker, diagnostiska

laboratorier etc.). Många aktörer förutspår också att magnetiska sensorer och optiska sensorer kan ha en stor global marknad.²⁴

Komposit

Grafen kan ge helt nya och multifunktionella egenskaper till kompositer. De kan till exempel göras både termiskt och elektriskt ledande, få ökade barriäregenskaper samt bidra till kortare processtid. Kompositer kan göras betydligt starkare alternativt betydligt lättare med samma mekaniska egenskaper. TRL för kompositer är högre än i andra styrkeområden och många produkter kan identifieras redan idag. Detta ska dock inte tolkas som att tekniken är mogen, trots att det redan säljs ett antal konsumentprodukter (främst sportutrustning). En uppenbar nackdel är att kompositer med grafen konkurrerar med produkter som redan är etablerade på marknaden, och då måste fördelarna hos en grafenförbättrad produkt vara betydligt fler jämfört med nackdelarna hos den befintliga produkten.

Ytbeläggning

TRL-nivån för ytbeläggningar är lik den för komposit – högre än för övriga styrkeområden – och det finns redan nu många produkter. Svenska aktörer förväntar sig en snabb utveckling för grafentillämpningar (högre TRL) inom området, och det finns redan idag några svenska produkter med grafenytbeläggningar. Den förväntade snabba utvecklingen inom området beror dels på att det främst handlar om utveckling av befintliga produkter snarare än om utveckling av helt nya produkter, dels på en förväntan att material som beläggs inte påverkar adhesion och funktion i någon högre utsträckning. Gradvisa förbättringar av produkter, som förlitar sig på redan befintliga nätverk och värdekedjor, kommer att underlätta utvecklingen på kortare sikt.²⁵

Tillverkning

En både bred och spetsig kompetens inom tillverkning av grafen är en nödvändig grund för samtliga grafenrelaterade aktiviteter. I Sverige finns goda förutsättningar för internationellt konkurrenskraftig grafentillverkning då det finns grafitgruvor, tillverkare av grafenflagor samt produktion av grafen på kiselkarbid och i viss mån av grafenfilm. I Sverige finns även tillgång till experter på karakterisering. Förutsättningarna är på så vis på plats för att en industriell satsning på grafentillverkning ska kunna påbörjas. Idag finns det sju svenska aktörer som levererar grafen såsom Bright Day Graphene, Graphmatech, Grafren, Graphensic, 2D fab, Smart High Tech och Talga. För att skapa en komplett värdekedja behöver dock den svenska grafentillverkningen stärkas.

I dagsläget är det två grafenleverantörer, 2D fab och Graphmatech, som håller på att skala upp sin produktion av grafenflagor till tio ton per år. Den inhemska efterfrågan på materialet är dock lägre än detta. För en fortsatt utveckling av svensk grafenindustri kommer det på sikt krävas både nya aktörer och att några av dessa växer sig större. Då kan både tillgången på större volymer grafen säkras och nya grafentyper utvecklas.²⁶

Bioteknik

Inom bioteknikområdet kan grafen användas inom framförallt medicinteknik där fördelar som biokompatibilitet, elektrisk ledningsförmåga och liknande kan utnyttjas för sensorer, elektroder och

²⁴ H. Zirath, J. Li, T Nilsson, M. Strandberg, J. Hammersberg, C. Dahl, 2019, "Graphene Roadmap Electronics", RISE, 2019,

²⁵ L. Dahlen, H. Rosén, S.J. Savage, S. Charpentier, S. Sörensen, 2017, "Grafen: En svenskt roadmap – Kompositer & Ytbeläggningar", FOI, Konsert Strategy & IP, CIT

²⁶ J. Ek Weis & S. Charpentier, "Färdplan Tillverkning 2020", Chalmers Industriteknik

implantat i kroppen. Resultat från svenska studier pekar på möjligheter att använda en viss typ av grafen som antibakteriellt ytskikt i medicintekniska tillämpningar. Området är fortfarande i ett tidigt skede med en omogen marknad men förväntningar finns om att grafen kommer att kunna bidra med nya innovationer inom området.²⁷

Energi

Dagens användning av grafen inom energirelaterade tillämpningar är mycket begränsad. Det finns få exempel där grafen idag används helt kommersiellt, men något fler som ligger relativt nära kommersialisering och där pilot- och demonstrationsprojekt i större eller mindre industriell skala pågår eller är under uppstart. Aktiviteten inom området har ökat på senare år.

Grafen har potential att användas för att förbättra prestandan i ett betydande antal olika teknologier och tillämpningar inom energiområdet. Förslaget från "Färdplan Energi – Grafentillämpningar i Sverige 2020–2030" är att prioritera fem delområden: elfordon; lagring av el och balansering av elnät; värmepumpar och annan värmeöverföring; krafttransmission och distribution; motorer, generatorer och turbiner. Övriga tillämpningar med potential är termiska energilagrar, förnybar elproduktion, vätgas samt CO₂-avskiljning och avskiljning av andra gaser. På grund av miljöfaktorer sker det en ökad elektrifiering av samhället, vilket gör att batteriforskningen går på högvarv. Grafens mångsidiga egenskaper kan användas i batterier. Kol-material är grundläggande komponenter i batterier och grafen kan bli användningsbart för många tillämpningar inom batteriindustrin.

Industrier i Sverige som varit aktiva för att utveckla industriella energitillämpningar av grafen är dels grafentillverkarna 2D fab, Graphensic, Graphmatech och Talga Resources, dels företag inom energibranschen. Exempel på stora företag är ABB, Vattenfall, AlfaLaval, Valmet och Ahlstrom-Munksjö Paper. Det är också dessa industrier som främst varit involverade i Fol-projekt inom området som finansieras genom SIO Grafen. Dock har inget av dessa företag idag någon kommersiell produkt med grafen.²⁸

2.4.3 Implementering

Eftersom grafen är ett ungt materialområde har programmets ambition alltid varit att arbeta med stor öppenhet och inkludering av organisationer som är intresserade av grafen. Samtliga aktiviteter och erbjudanden (som annonseras via hemsidan, sociala medier och nyhetsbrev) är öppna för alla svenska aktörer. När programmet startade fanns få aktörer i Sverige inom området varför programmet till en början hade svårt att engagera personer i strategiska projekt, bedömningsgrupper och styrelse. Exempelvis deltog programchefen i Vinnovas grupp av bedömare av projektansökningar under det första året i brist på andra experter. Med tiden har det blivit enklare att engagera personer i programmet, och från och med 2017 har det varit möjligt att få till en önskvärd blandning av bedömare som inte varit jäviga.

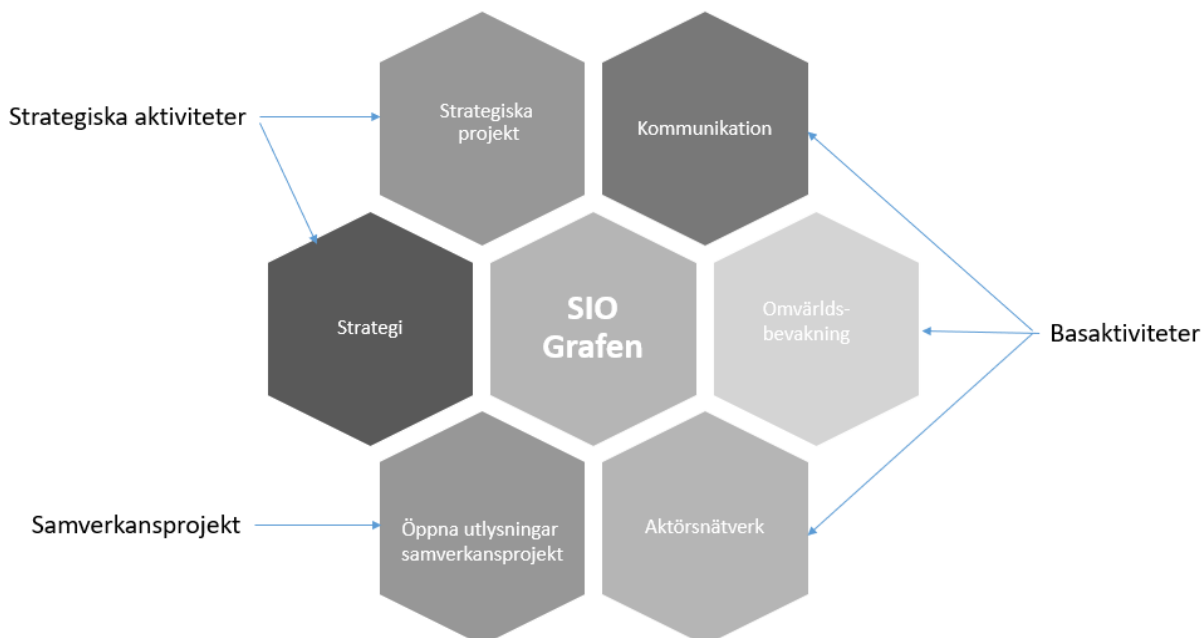
Programmet har tre slags insatser – strategiska aktiviteter, basaktiviteter och samverkansprojekt. **De strategiska aktiviteterna** handlar om att förebygga de hinder (för områdets utveckling) som har identifierats samt att bygga upp för aktörerna gemensam kunskap. **Basaktiviteterna** syftar till att bygga ett ekosystem för grafen samt bygga och sprida kunskap genom kommunikation, omvärldsbevakning och etablering av ett aktörsnätverk. **Samverkansprojekten** syftar till att

²⁷ <https://siografen.se/om-sio-grafen/styrkeomraden/>

²⁸ I. Nyström & M. Jacobsson, "Färdplan Energi Grafen för energitillämpningar i Sverige 2020–2030", CIT Industriell Energi. AB https://siografen.se/app/uploads/2020/04/F%C3%A4rdplan-energi_rapport_slutversion.pdf

utveckla grafen genom antingen genomförbarhetsstudier, Fol-projekt eller innovations- och demonstrationsprojekt.²⁹ Se Figur 3 för en illustration av programmets insatser och aktiviteter.

Figur 3 Illustration över SIO Grafens insatser och aktiviteter.



Källa: Självvärdering.

De strategiska aktiviteterna är uppdelade i *strategier* och *strategiska projekt*. De strategiska aktiviteterna inkluderar agenda- och programlogikarbetet, arbetet med färdplanerna (även kallade *roadmaps*) för styrkeområdena, årsstämman med strategiworkshopen samt styrelsearbetet.

Strategiska projekt kan tas upp löpande av programmet och lämnas som förslag till Vinnova som beslutar om genomförande. Strategiska projekt används för att fylla behov som delas av en stor del av innovationsområdets aktörer, men som inte kan adresseras genom öppna utlysningar. De strategiska projekten initieras av styrelsen, programkontoret eller från aktörsnätverket genom exempelvis strategiworkshops, och utförs av antingen programkontoret eller annan aktör som utses genom en öppen ansökningsprocess. Programmet har totalt initierat 18 strategiska projekt t.o.m. februari 2020.

Till en början syftade de strategiska projekten ofta till att medvetandegöra och inspirera aktörer om grafen och dess möjligheter. Programmet har bland annat skapat en materialleverantörsguide över aktörer i världen som levererar grafen samt hjälpt grafentillverkare att bygga kundnätverk i projektet *Made by Sweden*. För att beskriva potentialen inom styrkeområdena och hur dessa ska utvecklas har färdplaner tagits fram för respektive styrkeområde.³⁰ Allt eftersom aktörer har börjat etablera sig inom grafenområdet så har inriktningen för de strategiska projekten varit att stötta företag,

²⁹ Observera att SIO Grafens samverkansprojekt inte är samma sak som projekt finansierade genom regeringens samverkansprogram. Programmet har däremot genomfört en del insatser och aktiviteter med finansiering från regeringens samverkansprogram,

³⁰ Fem av sex roadmaps är färdiga. Arbetet med en roadmap för bioteknik är planerad att genomföras vid ett senare skede.

stimulera svensk grafentillverkning, utveckla strategier för branschen, samt arbeta med standardisering och karakterisering³¹ av grafen.

Under 2016 gjorde programmet analyser om status och behov av insatser för karakterisering och standardisering. En insats som drevs under 2017 var karakteriseringscheckar som möjliggjorde för företag att söka/få stöd för att karakterisera sitt material. Information från karakteriseringen gjordes tillgänglig som öppen data och publicerades i SIO Grafens materialdatabas. Söktrycket för dessa checkar var dock lågt och programmet tog så småningom bort stödet. Allt eftersom grafen har etablerat sig mer och mer har programmet intensifierat sina insatser för standardisering. Exempelvis har programmet tillsammans med Svenska institutet för standarder (SIS), RISE, CIT och SwedNanoTech drivit ett standardiseringsprojekt som finansieras inom ramen för Vinnovas regeringsuppdrag kring standardisering. I samband med projektet har SIS skapat en grafengrupp.

Under 2018 startades projektet *Round Robin* som syftar till att öka medvetenheten om kvalitetssäkring av grafenmaterial, öka förmågan att analysera och specifikt provbereda grafenmaterial på samma sätt inom branschen samt i förlängningen bidra till att materialproducenter bättre beskriver sina material i datablad. Del två av projektet startade under 2019 och pågår fortfarande. Syftet med projektets andra del är att fortsätta bygga upp kunskap om olika karakteriseringsmetoder av grafen hos svenska analysleverantörer samt att utvärdera metoderna för användning inom industrin.

Under 2018 initierade även programmet en litteraturstudie om hur bearbetning påverkar grafenkompositers egenskaper. Behovet av en sådan studie framkom under en strategiworkshop. Studien genomfördes av Swerea SICOMP och efter att denna var avslutad hölls en öppen workshop som följdes av en riktad strategisk utlysning. Utlysningen resulterade i ett projekt som genomfördes av KTH och SaltX Technology.

Regeringens samverkansprogram³² har kanaliserat en del av sin finansiering genom SIParna. Det har möjliggjort för SIO Grafen att bedriva internationaliseringsarbete, fokusworkshops med olika teman som elektronik, lättvikt och batteri, ytterligare standardiseringsarbete i samverkan med SwedNanoTech, SIS, RISE och National Physical Laboratory (Storbritannien) för att utreda vad som krävs inom karakterisering, validering och standardisering av grafen. Slutligen har programmet även ingått i ett testbäddsprojekt kallat LIGHTest tillsammans med de strategiska innovationsprogrammen LIGHTer (tidigare Lättvikt), Metalliska material och Innovair.

Basaktiviteterna utgörs av aktörsnätverket, omvärldsbevakning samt kommunikation där alla syftar till att bygga ekosystemet för grafen samt sprida kunskap om materialets möjligheter. Aktörsnätverket är uppdelat på två områden – projektstöd och en uppsökande verksamhet.

Projektstödet innefattar kontakt med projekten vid uppstartsfasen, i halvtid samt ett år efter projekt slut för resultatuppföljning. Via projektstödet erbjuds tillgång till avtalsmallar, materialleverantörsguide, karakteriseringsguide, aktörslista, konsortiekatalys,³³ samt projektplaneringsstöd.

³¹ Det finns många olika typer av grafen som har olika egenskaper. Det är därför viktigt att veta vilket grafen man har för att kunna utveckla nya tillämpningar. Karakterisering innebär således att en analys genomförs som visar vilka egenskaper materialet innehar samt en kvalitetssäkring.

³² Regeringen startade 2016 fem strategiska samverkansprogram för innovation i syfte att adressera särskilt betydande samhällsutmaningar. Till dessa fanns viss finansiering knuten. Programmen genomfördes med hjälp av samverkansgrupper sammansatta av representanter från olika samhällssektorer och löpte till och med 2018. Under sommaren 2019 lanserades fyra nya samverkansprogram.

³³ Workshop arrangerad av programmet för att stödja aktörer att bygga konsortier inför projekt.

Den uppsökande verksamheten syftar till att nå fler aktörer och bygga/stärka värdekedjor för att få fler deltagare till programmets aktiviteter och utlysningar. Genom den uppsökande verksamheten presenterar programmet vilka möjligheter som grafen medför samt vilka möjliga samarbetspartners som finns inom ekosystemet för potentiella intressenter.

Omvärldsbevakningen består av veckovis bevakning av nyheter inom grafenområdet gällande forskning, innovationer, produkter och affärsnyheter. En fördjupad omvärldsanalys görs två gånger om året. Programmet tar även fram rapporter från relevanta konferenser.

Programmets kommunikation syftar till att sprida information om såväl programmets aktiviteter som resultat från projekt. Bland annat sker resultatspridning via workshops på programkonferensen – Svenskt Grafenforum som arrangeras årligen – samt via fokuserade workshops, webbsidan, nyhetsbrev och sociala medier.

Programmet har ställt ut tre demonstratorer och ett urval av produkter och andra prototyper på olika kongresser så som genom Flaggskeppets monter på Mobile World Congress och Graphene Week.

Öppna utlysningar för **samverkansprojekt** föreslås av programmet och beslutas och genomförs av Vinnova. Programmet har valt att i regel ha öppna Fol-utlysningar som utgår från hela agendan och alla styrkeområden – det vill säga inte riktade utlysningar utifrån enskilda behovs- eller styrkeområden.³⁴ Anledningen till detta är dels att söktrycket varit förhållandevis lågt under programmets första period, dels att programmet befunnit sig i en sökande fas avseende inom vilka områden som grafen bedöms ha stor potential. Diskussioner har förts i programmet om att ha riktade utlysningar mot specifika styrkeområden, men det har ännu ansetts vara för tidigt för detta (det som görs i ett styrkeområde kan vara relevant i ett annat).

Programmets utlysningar omfattar tre kategorier av samverkansprojekt (namnen på dessa har dock varierat mellan olika utlysningar). Två av dessa har funnits sedan starten medan det tredje, innovations- och demonstrationsprojekt, infördes 2017. Samtliga tre kategorier av samverkansprojekt ska utgå från industriella behov. Projekten ska beskriva vilken fördel grafen förväntas tillföra för tänkt tillämpning, tydliggöra vilken typ av grafen som ska användas samt visa hur projektresultaten bidrar till att uppfylla programmets kort- och långsiktiga mål. Vid tidpunkten för utvärderingen heter dessa:

- Genomförbarhetsstudier – upp till sex månader, maximal budget 300 000 kronor, krav på att minst två parter deltar varav ett företag. Projektet ska vara av utforskande karaktär och ska samla aktörer
- Forsknings- och innovationsprojekt (Fol-projekt) – upp till tre år, maximal budget tre miljoner kronor, krav på att minst tre parter deltar varav ett företag. Projektet ska försöka verifiera koncept
- Innovations- och demonstrationsprojekt³⁵ (IoD-projekt) – upp till tre år, maximal budget fyra miljoner kronor, krav på att minst tre parter deltar varav två företag. Projektet ska leda till att en prototyp är demonstrerad i relevant miljö

Under den första programperioden (2014–2016) fick programmet in många ansökningar i öppna utlysningar om kompositer, ytbeläggningar och elektronik. För att försöka få in projekt i övriga styrkeområden anordnade programmet workshops, vilket enligt representanter för programmet har

³⁴ Programmet har genomfört en riktad utlysning tillsammans med SIP Lättvikt.

³⁵ Infördes 2017 och hette då demonstratorprojekt.

lett till fler ansökningar inom det område som lyfts. Programmets projektportfölj består fortfarande av en stor andel projekt inom komposit, ytbeläggning och elektronik.

Samverkansprojekten har sedan treårsutvärderingen kartlagts av styrelsen och programkontoret mot programlogiken i ett resultat- och planeringsdiagram. Det ger programmet möjlighet att konsolidera resultat från projekten och sätta dessa i relation till ställda mål. På så vis kan verksamheten anpassas och styras (såsom val av aktiviteter) för att öka förutsättningarna att nå målen.

Tabell 1 Ansökningsomgångar i utlysningar 2014–2019 och resulterade antal projekt och offentlig finansiering.

Ansökningsomgång	År	Antal projekt	Offentlig finansiering (Mkr)
SIO Grafen: Strategiska innovationsprogrammet för Grafen hösten 2014	2014	7	5
SIO Grafen: Strategiska projekt hösten 2014	2014	1	1
SIO Grafen: Förstudieprojekt och Forsknings- och Innovationsprojekt Våren 2015	2015	12	14
SIO Grafen: Förstudieprojekt och Forsknings- och Innovationsprojekt Våren 2016	2015	7	9
SIO Grafen: Strategiskt projekt 2015	2015	1	2
SIO Grafen: Strategiska projekt 2015 komplettering	2015	1	1
SIO Grafen: Förstudieprojekt och Forsknings- och innovationsprojekt - sommar 2016	2016	4	4
SIO Grafen: Samverkan för kommersiella grafentillämpningar, våren 2017	2016	5	4
SIO Grafen: Samverkan för kommersiella grafentillämpningar - hösten 2017	2016	11	11
SIO Grafen: Koordineringsmedel 2017	2016	1	3
Grafen: Koordineringsmedel 2016	2016	1	4
SIO Grafen: strategiskt projekt Innovationstävling 2016	2016	1	1
SIO Grafen: Enskilt projekt Karaktärisering och standardisering 2016	2016	1	0,2
SIO Grafen: Enskilt projekt: En svensk roadmap för grafenteknologier inom komposit & ytbeläggningar	2016	1	0,01
SIO Grafen: Enskilt projekt: SME- och entreprenörskapsstöd 2017	2016	1	1
SIO Grafen: Lättviktslösningar med Grafen	2017	2	2
SIO Grafen: Samverkan för kommersiella tillämpningar med grafen - våren 2018	2017	18	12
SIO Grafen: Samverkan för kommersiella tillämpningar med grafen - hösten 2018	2017	12	10
SIO Grafen: Koordineringsmedel 2018–2020	2017	1	13
SIO Grafen: Enskilt projekt: Karaktäriseringscheckar grafen 2017	2017	1	0,5
SIO Grafen: Enskilt projekt: Litteraturstudie komposit 2017	2017	1	0,2
SIO Grafen: Enskilda projekt 2018	2017	3	2
Samverkansprojekt för kommersiella tillämpningar med grafen - våren 2019	2018	7	11
SIO Grafen: Enskilda projekt 2019	2019	3	1

Källa: Vår analys av data från Vinnova.

Under programmets första sex år har 86 projekt beviljats finansiering genom öppna utlysningar varav 42 är genomförbarhetsstudier, 41 är Fol-projekt och 3 loD-projekt. Av dessa finns 29 procent inom styrkeområdet elektronik, 27 procent inom ytbeläggning, 21 procent inom komposit, 8 procent inom energi, 8 procent inom tillverkning samt 5 procent inom bioteknik. Programmet har även

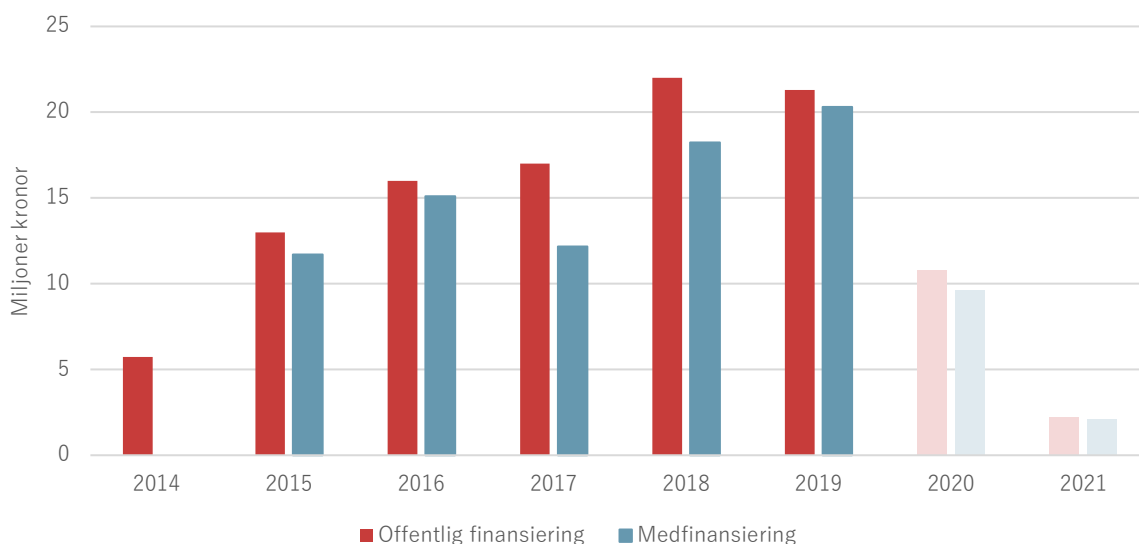
genomfört en gemensam utlysning tillsammans med SIP LIGHTer³⁶ som resulterade i att två projekt finansierades genom SIO Grafen och ett genom SIP LIGHTer.

Tabell 1 visar programmets ansökningsomgångar i utlysningar och resulterade antal projekt och offentlig finansiering. Programmet har minst haft en utlysning per år, men några år har det varit fler: 2016 två utlysningar, 2017 tre och 2018 två. Till en början beviljades fler genomförbarhetsstudier än Fol- och IoD-projekt, men allteftersom har det blivit fler sådana projekt.

2.5 Finansieringsanalys

Figur 4 visar den totala fördelningen av medel i projekt från utlysningar 2014–2019 (inklusive koordineringsmedel). Medan staplarna till och med 2019 visar det faktiska utfallet, visar de skuggade staplarna för 2020 och 2021 endast det planerade utfallet för projekt som blivit beviljade finansiering i utlysningar 2014–2019 (för fleråriga projekt). För 2020 och därefter tillkommer sannolikt betydande ytterligare finansiering från senare utlysningar som inte finns med i vår sammanställning. De minskande skuggade staplarna ska således inte tolkas som att programmets finansiering kommer att utvecklas på detta vis.

Figur 4 Offentlig finansiering och medfinansiering per år till projekt från utlysningar 2014–2019.³⁷



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

Figur 5 och Tabell 2 visar fördelning av offentlig finansiering och medfinansiering per aktörstyp. Den totala finansieringen från utlysningar 2014–2019 uppgår till 198 miljoner kronor, varav 55 procent utgörs av offentliga medel. UoH, SMF³⁸ och aktörer inom kategorin "andra" har mottagit mest offentlig finansiering. I gruppen "andra" är det CIT som dominerar med anledning av sin roll som värdorganisation (merparten utgörs av koordineringsmedel). Att dessa aktörstyper har mottagit mest offentlig finansiering speglar att det främst är de som har lett projekt. Programmets medfinansiering domineras av SMF och stora företag. Såväl offentlig förvaltning (myndigheter och

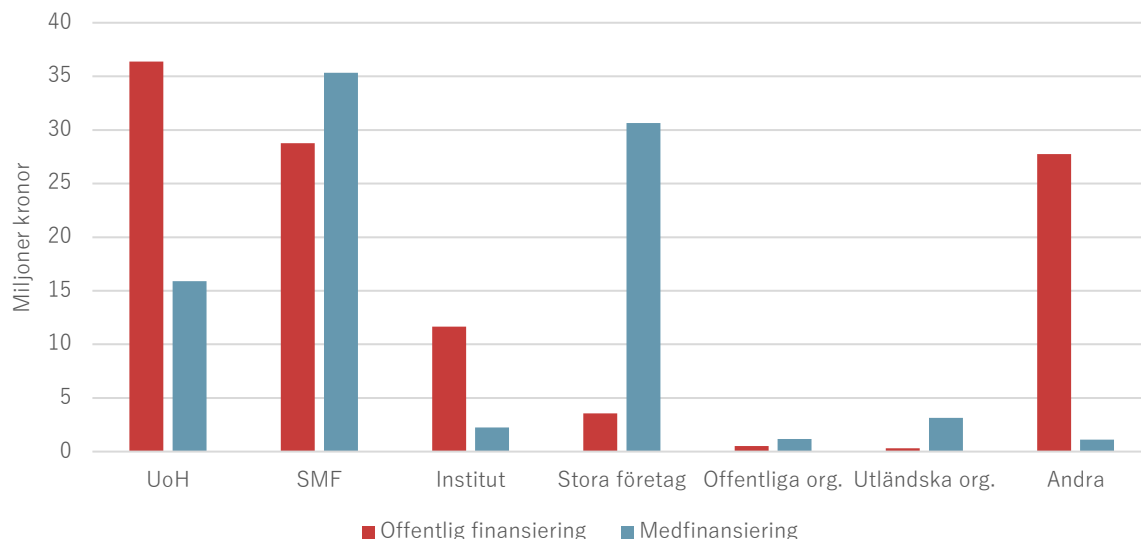
³⁶ Vid tidpunkten användes namnet SIP Lättvikt. Sedan dess har programmet bytt namn till SIP LIGHTer.

³⁷ Sannolikt är en del av medfinansieringen från UoH, institut och offentlig sektor av offentligt ursprung, men i denna rapport avser vi med "offentlig finansiering" endast den finansiering som de tre myndigheterna har beviljat genom SIPen.

³⁸ I denna rapport har en förenklad SMF-definition som enbart ser till antalet anställda och koncern tillhörighet använts.

andra offentliga organisationer) som utländska organisationer har marginella roller inom programmet.

Figur 5 Offentlig finansiering och medfinansiering per aktörstyp för projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

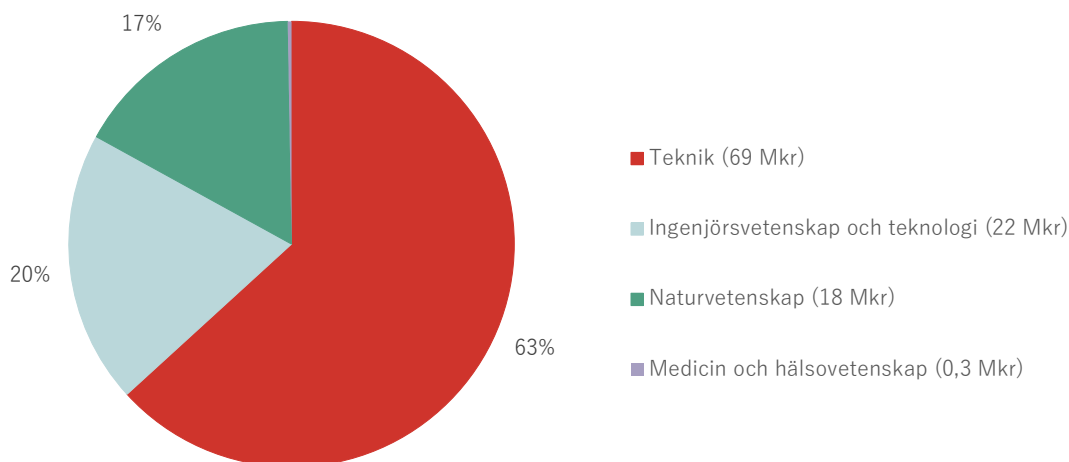
Tabell 2 Offentlig finansiering och medfinansiering per aktörstyp för projekt från utlysningar 2014–2019.

Aktörstyp	Offentlig finansiering (Mkr)	Medfinansiering (Mkr)	Total finansiering (Mkr)	Andel offentlig finansiering
Institut	12	2	14	84 %
UoH	36	16	52	70 %
Stora företag	4	31	34	10 %
SMF	29	35	64	45 %
Offentliga org.	1	1	2	31 %
Utländska org.	0,3	3	3	9 %
Andra	28	1	29	96 %
Summa	109	90	198	55 %

Källa: Vår analys av data från Vinnova.

Figur 6 visar fördelning av offentlig finansiering på forskningsområden. Mer än två tredjedelar av programmets verksamhet finns inom området teknik, följt av det angränsande området ingenjörsvetenskap och teknologi samt naturvetenskap (omkring en femtedel vardera). Denna fördelning är förväntad givet programmets styrkeområden; med det sagt kommer vi senare i rapporten att bli varse om att flera projekt är av tvärvetenskaplig karaktär.

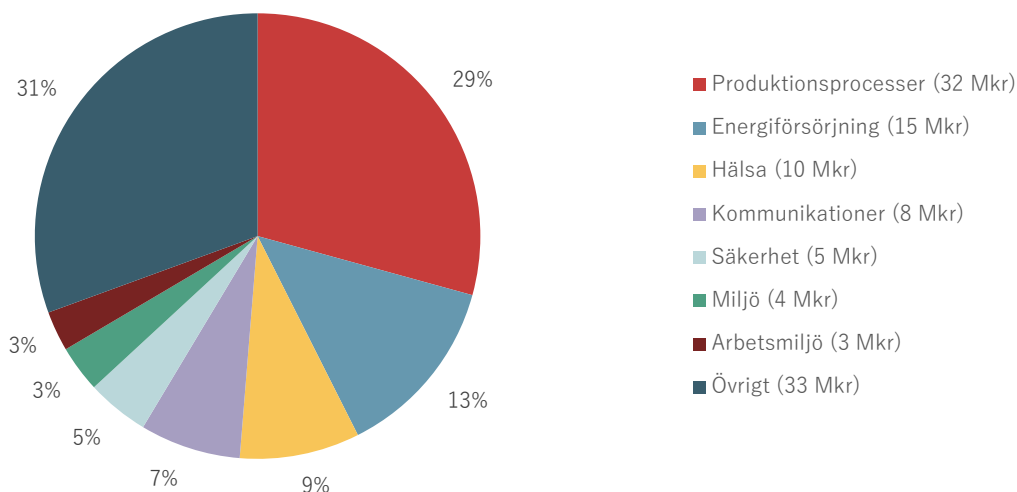
Figur 6 Fördelning av offentlig finansiering på forskningsområden för projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova. Klassningen i områden är gjord av sökande.

I Figur 7 presenteras fördelningen av offentlig finansiering i behovsområden. Knappt en tredjedel av programmets offentliga finansiering har gått till produktionsprocesser, vilket är väntat givet programmets fokus. Att programmet i övrigt fokuserar på många behovsområden är sannolikt en följd av grafens många unika egenskaper och följaktligen många potentiella tillämpningsområden. Att många projekt kategoriseras som "övrigt" är troligen ytterligare en följd av detta.

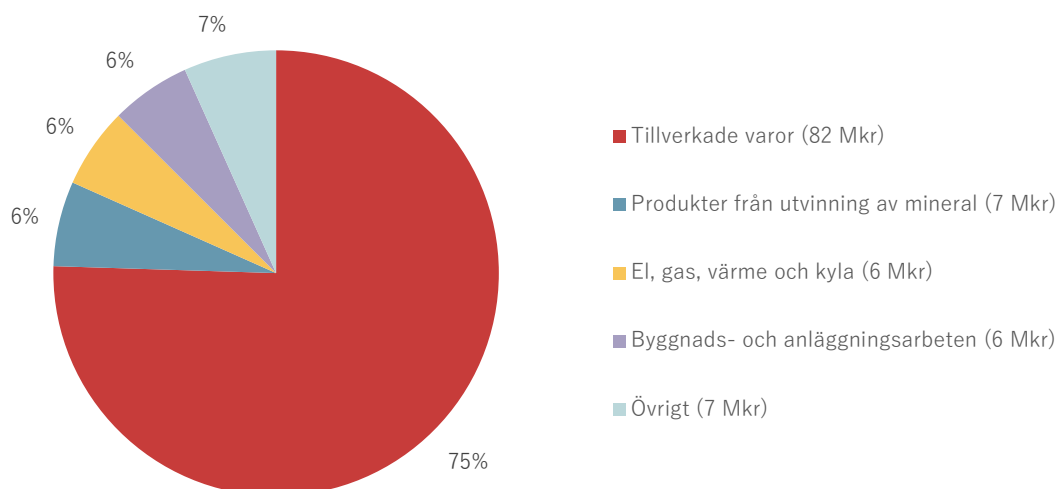
Figur 7 Fördelning av offentlig finansiering på behovsområden för projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova. Klassningen i områden är gjord av sökande.

Figur 8 visar fördelningen av offentlig finansiering på olika produktområden. Den stora merparten av offentliga medel har gått till tillverkning av varor, något som troligen återspeglar ett högt deltagande av tillverkningsindustrin. Produkter från utvinning av material återspeglar att flera projekt handlar om framställning av grafen.

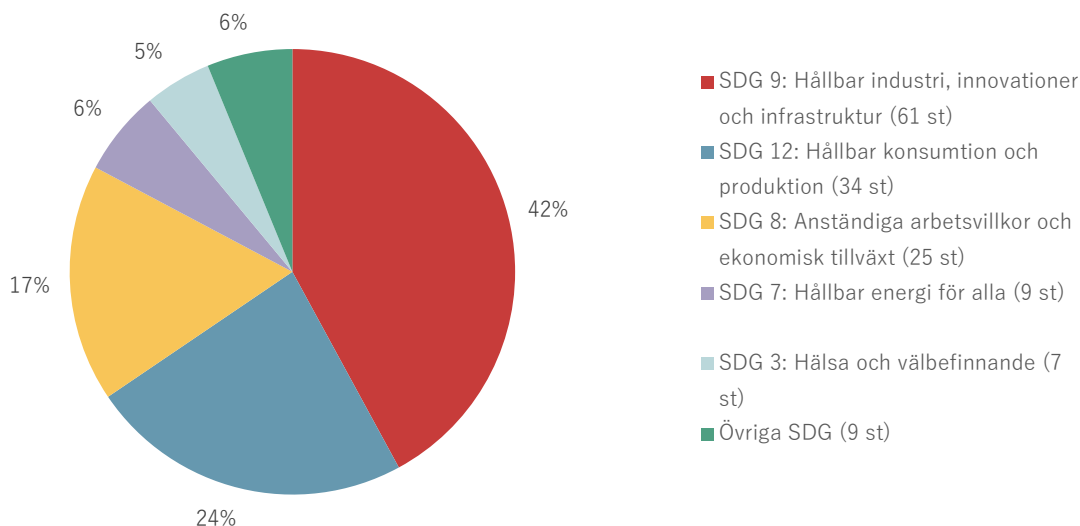
Figur 8 Fördelning av offentlig finansiering på produktområden för projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova. Klassningen i områden är gjord av sökande.

Figur 9 illustrerar vilka globala hållbarhetsmål (Sustainable Development Goal, SDG) som SIO Grafens projektportfölj bedöms bidra till. Programmet har formulerat ett effektmål om att grafen stödjer omställningen till ett hållbart samhälle. I linje med detta mål bidrar projektportföljen främst till målen om hållbar industri, innovationer och infrastruktur samt hållbar konsumtion och produktion. Därtill bidrar en betydande andel av projekten till målet om anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt.

Figur 9 Globala hållbarhetsmål (SDG) som projekt som beviljats sedan januari 2016 förväntas bidra till.

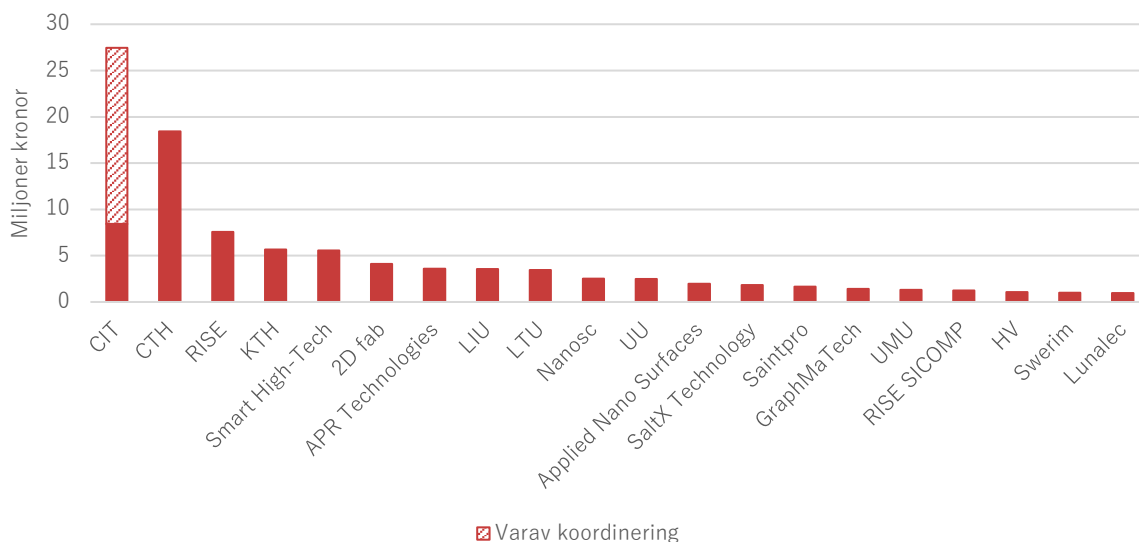


Källa: Vår analys av data från Vinnova. Klassningen är sedan februari 2018 gjord av sökande vid projektstart med upp till tre SDG per projekt. Projekt beviljade dessförinnan har retroaktivt klassats av Vinnova.

Figur 10 visar de 20 största mottagarna av offentliga finansiering. Den största mottagaren är CIT, men det är värt att notera att merparten utgörs av koordineringsmedel (cirka 19 miljoner kronor), medan resterande medel främst är för strategiska projekt. Utöver CIT är Chalmers (CTH i figuren)

den största mottagaren, vilket speglar universitetets dominerande position inom svensk grafenforskning. Chalmers har även deltagit i överlägset flest projekt inom SIO Grafen. Flera andra universitet, inklusive Kungliga tekniska högskolan (KTH), Linköpings universitet (LIU), Luleå tekniska universitet (LTU) och Uppsala universitet (UU), tillhör de största mottagarna av offentlig finansiering, vilket vittnar om att flera svenska universitet är engagerade i grafenområdet. Den offentliga finansieringen som gått till företag är spridd på många olika aktörer, och storleken på mottagna medel är ofta avhängig av storleken på enstaka projekt.

Figur 10 De 20 största mottagarna av offentlig finansiering i projekt från utlysningar 2014–2019.³⁹



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

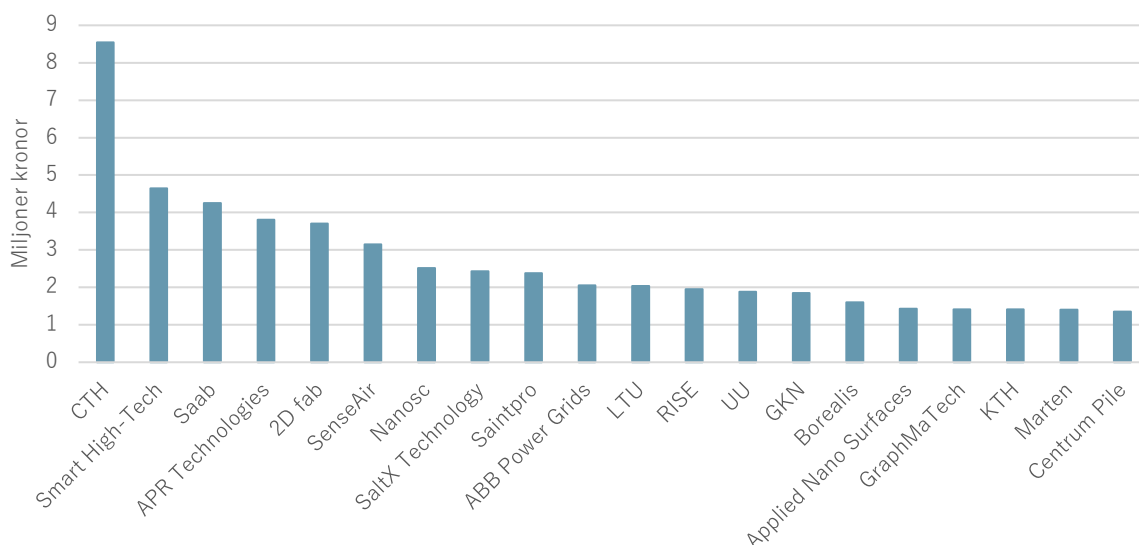
I Figur 11 presenteras de 20 största medfinansiärerna i projekt.⁴⁰ Chalmers är den enskilt största medfinansiären, vilket förklaras av att lärosätet framför allt medfinansierade projekt under programmets första år då få företag ännu var aktiva inom grafenområdet. Även andra FoU-utförare finns representerade på listan, inklusive LTU, UU, KTH och RISE. Med det sagt är det främst företag bland de 20 största medfinansiärerna. Spridningen är stor och innefattar företag längs olika leverantörskedjor inom programmets styrkeområden. Exempelvis finns materialtillverkare (inklusive grafentillverkare) representerade, liksom komponenttillverkare och utvecklare/tillverkare av system och konsumentprodukter. Detta medför att såväl SMF som stora företag finns bland de största medfinansiärerna.

Figur 12 visar den geografiska spridningen av offentlig finansiering och medfinansiering (avser projektdeltagarnas arbetsställe). Fördelningen av medel avspeglar Västra Götalandsregionens, och då framförallt Göteborgs, dominerande position inom det svenska grafenområdet, framförallt beroende på att Chalmers och CIT men även att RISE bedriver sin verksamhet inom området i denna region. I såväl Stockholms- som Uppsalaregionerna bedrivs också betydande grafenverksamhet av både universitet och företag.

³⁹ Ej introducerade förkortningar återfinns i bilaga F.

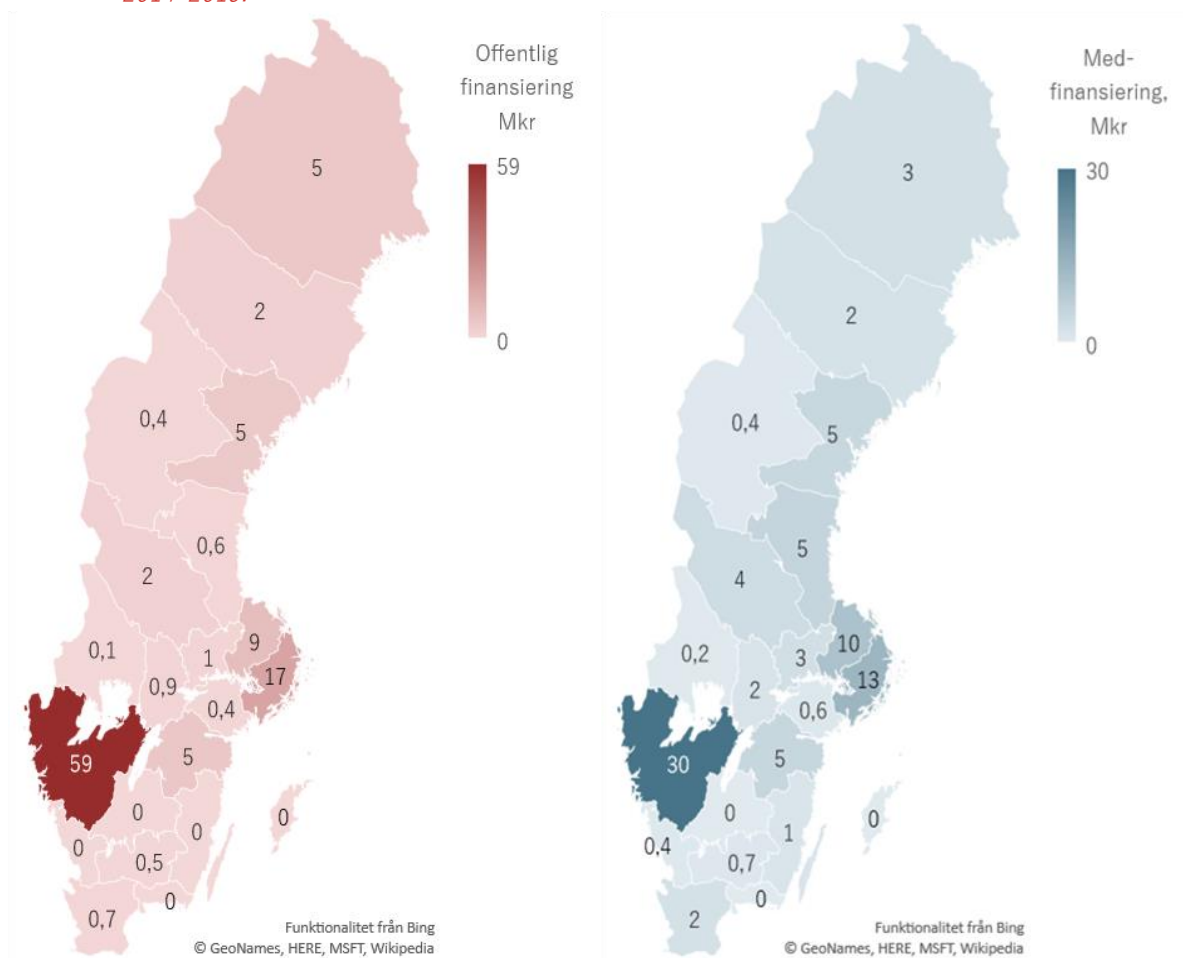
⁴⁰ I denna figur, liksom i den föregående, har vi – på de finansierande myndigheternas begäran – inte slagit ihop koncerner utan behållit de juridiska personer som förekommer i underliggande data.

Figur 11 De 20 största medfinansierarna i projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

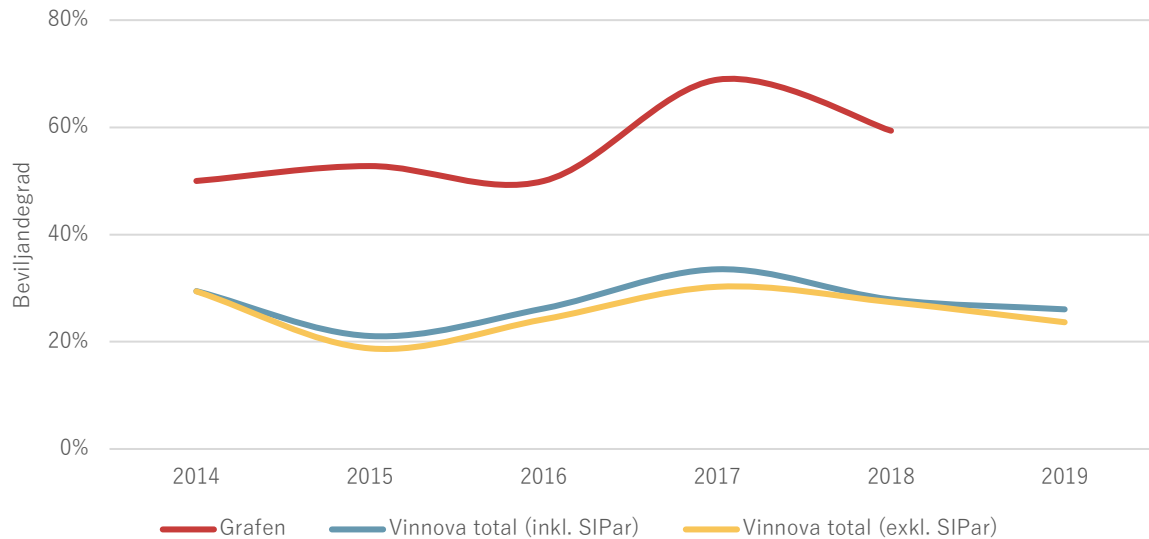
Figur 12 Offentlig finansiering (vänster) och medfinansiering (höger) per region för projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

Figur 13 visar utvecklingen av beviljandegrad i SIO Grafens öppna utlysningar. Beviljandegraden har ökat något under åren 2014–2019, och har ständigt varit högre än i Vinnovas övriga program. Det bör dock noteras att för åren 2014 och 2016 var antalet ansökningar och beviljade projekt lågt, vilket bör tas med i tolkningen av figuren.

Figur 13 Beviljandegrad per år för ansökningar i öppna utlysningar 2014–2019.⁴¹

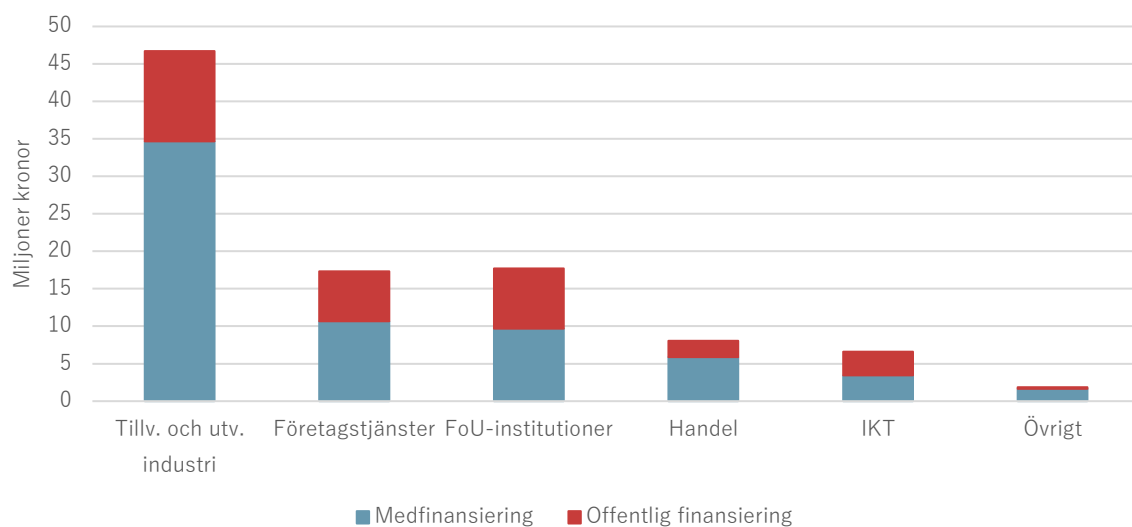


Källa: Vår analys av data från Vinnova.

I Figur 14 presenteras fördelning av offentlig finansiering till och medfinansiering från företag fördelat på näringslivssektorer (figuren avser enbart företag). Företag från tillverknings- och utvinningsindustrin är överlägset största medfinansierare och även störst mottagare av offentlig finansiering. Detta speglar programmets målgrupp som i huvudsak utgörs av materialleverantörer, komponenttillverkare och tillverkare av konsumentprodukter. Även företag inom företagstjänster som kategoriseras som FoU-institutioner har en betydande roll inom programmet. I den senare kategorin ingår många grafentillverkare (men inte RISE).

⁴¹ Dataunderlaget för denna figur togs fram innan beslut hade fattats för ansökningar i utlysningen som öppnade hösten 2019

Figur 14 Offentlig finansiering till och medfinansiering från företag per näringslivssektor för projekt från utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

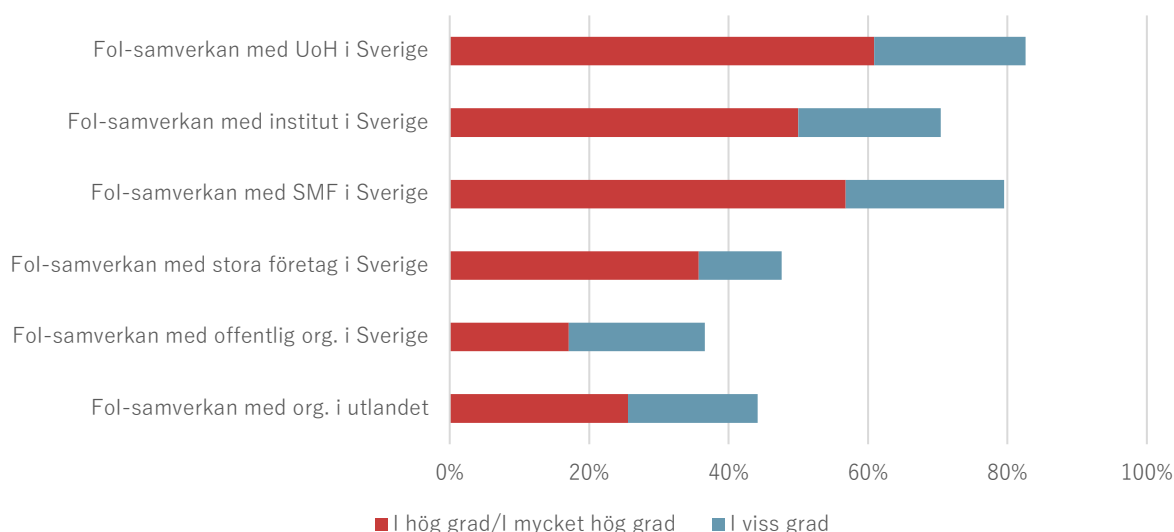
3 Resultat och effekter för företag

I detta kapitel studerar vi först företagens bevekelsegrunder för att delta i Fol-projekt, projektens teknikmognadsnivå och de aktiviteter projekten har resulterat i. Därefter analyserar vi de resultat och effekter som projekten har lett och förväntas leda till för företagen. Kapitlet bygger huvudsakligen på webbenkät och intervjuer, men även på dokumentstudier och på saksakexperternas rapport. Det ska noteras att all enkättemperi, såväl i detta kapitel som genomgående i rapporten, endast avser Fol-projekt – alltså projekt som syftar till att utveckla helt ny kunskap – alternativt bedömningar gjorda av personer som har deltagit eller deltar i Fol-projekt. Det är också viktigt att notera att det som vi hädanefter kallar för Fol-projekt *inte* är liktydigt med SIO Grafens "Fol-projekt" – i det fall vi använder programmets terminologi kommer detta tydligt att framgå. I vår definition av Fol-projekt ingår såväl SIO Grafens genomförbarhetsstudier som dess Fol- och IoD-projekt.

3.1 Projekten

I enkäten riktad till företagsrepresentanter frågade vi om vilka samverkansrelaterade motiv som varit viktiga för deltagande. Som framgår av Figur 15 är Fol-samverkan med FoU-utförare och med SMF de starkaste motiven.

Figur 15 Företags samverkansrelaterade motiv för att delta i Fol-projekt (n=46).



Källa: Webbenkät.⁴²

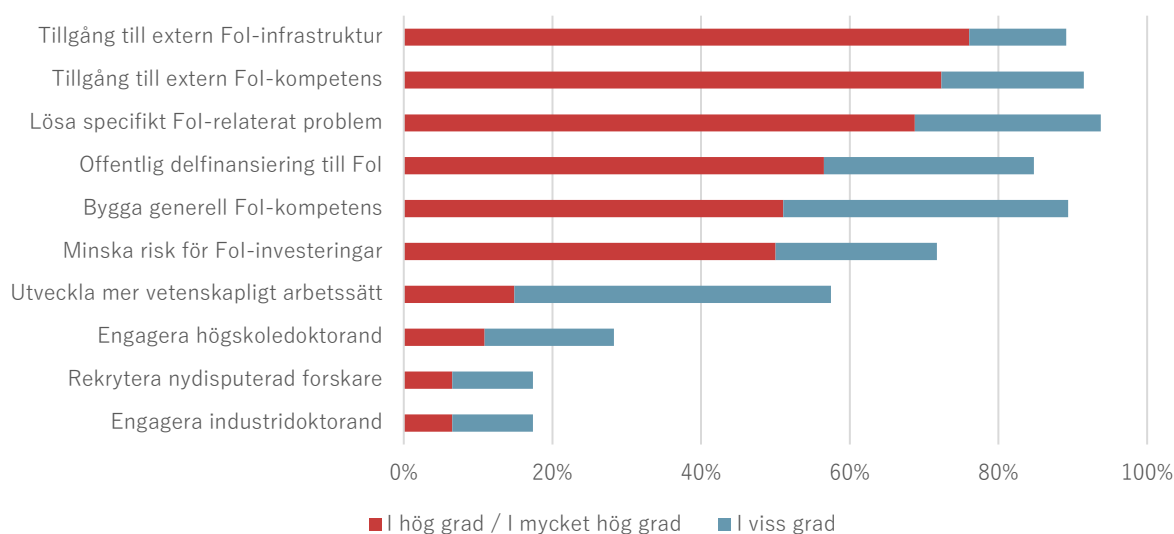
Många intervjupersoner från flera aktörskategorier betonar att det krävs samverkan mellan aktörer längs olika delar av värdekedjan för att successivt höja kunskapsnivån inom grafenområdet som i sin tur bereder vägen för en användning av materialet hos företag. Företrädare för SMF nämner att samarbete med stora företag i projekten möjliggör en ökad förståelse för deras kunders behov. Företrädare för stora företag framhåller å sin sida att samverkan med FoU-utförare är viktiga motiv för ömsesidig kunskapsöverföring. I agendan, som är samförfattad med företag, beskrivs hur stora

⁴² Motivalternativen skulle värderas på en femgradig skala: Inte alls/I låg grad/I viss grad/I hög grad/I mycket hög grad. I figuren har vi slagit ihop I hög grad och I mycket hög grad och har för att underlätta tolkningen utelämnat Inte alls och I låg grad. Svarsalternativen i denna figur, och i de flesta följande figurer och tabeller som visar enkätresultat, har kortats ned av läsbarhetsskäl. De fullständiga formuleringarna återfinns i bilaga B.

företag även efterfrågar tillgång till den grafenkompetens som underleverantörer har utvecklat och som de själva inte besitter.

Figur 16 visar företagsrespondenternas ytterligare motiv för att delta i Fol-projekt. De tre vanligaste motiven är tillgång till extern Fol-infrastruktur och Fol-kompetens samt att lösa ett specifikt Fol-relaterat problem. För alla tre motiv har över två tredjedelar svarat i hög eller mycket hög grad, vilket belyser vikten av samarbeten med framförallt FoU-utförare (som vi såg i Figur 15) som erbjuder kompetens och har test- och labbutrustning. Däremot är det få som anger engagemang av industri- och högskoledoktorander som motiv, vilket är väntat givet programmets fokus på innovation och små, korta projekt.

Figur 16 Företags ytterligare motiv för att delta i Fol-projekt (n=48).



Källa: Webbenkät.

Av intervjuerna framgår att framförallt stora företag, men i viss utsträckning även SMF, uppfattar grafenområdet som förhållandevis riskfyllt att bedriva Fol inom. Exempelvis saknas standarder för klassificeringar av grafen och kunskapen om materialet är förhållandevis låg jämfört med etablerade material. Det framstår därför som viktigt för företag att dels få offentligt stöd för att våga satsa på grafen, dels tillsammans med andra aktörer ta sig an gemensamma utmaningar och på så vis höja områdets mognadsnivå och minska den egna risken. I linje med detta anger hälften av företagsrespondenterna i hög eller mycket hög grad att minskad risk för Fol-investeringar är ett viktigt motiv för deras projektdeltagande, se Figur 16. I intervjuer framhåller framförallt SMF-representanter vikten av projektfinansieringen som är det fjärde högst rankade motivet i figuren. I intervjuer med personer från stora företag framgår att den kunskapsuppbyggnad som sker genom Fol-projekten ses som viktig för en framtida introduktion av materialet. En intervjuperson från ett stort företag beskriver:

Vi har inte egen grafenforskning, då det är för tidigt enligt oss. Vår väg framöver är att jobba vidare i gemensamma projekt, tillsammans med institut och universitet som lyfter kunskapsnivån innan vi tar in det in-house.

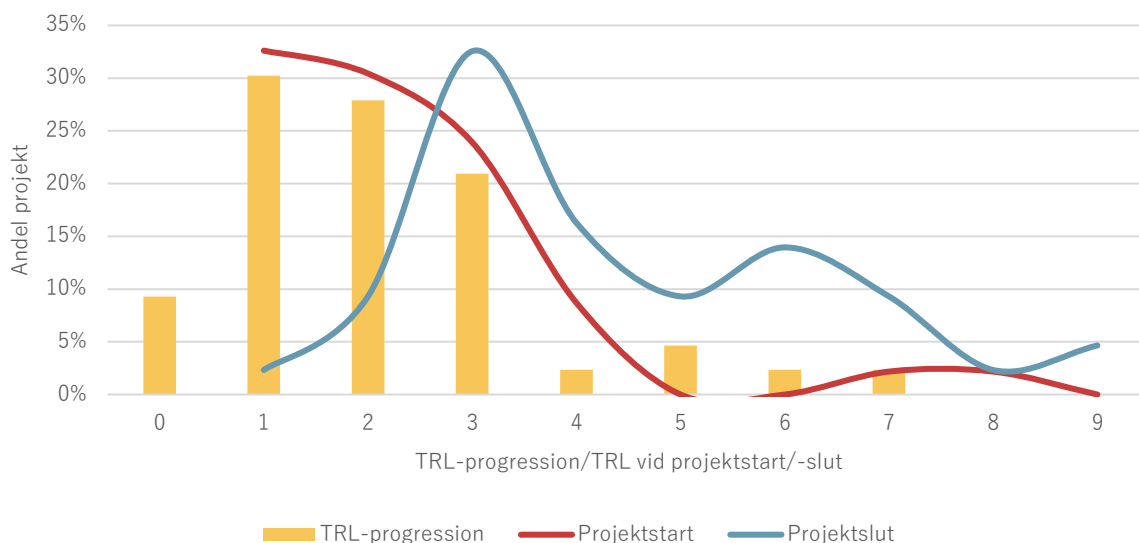
En projektdeltagare från ett annat stort företag nämner i enkätens fritextsvar:

Det viktiga var att få en känsla av status rörande grafen som möjligt material för oss.

Av den samlade empirin framgår att flera stora företag ännu ser det som för tidigt för dem själva att göra en större grafensatsning. Samtidigt finns ett intresse hos dessa företag att följa utvecklingen eftersom materialet bedöms ha stor potential på sikt. Såväl representanter för stora företag som SMF, beskriver i intervjuer det som viktigt att ingå i programmets nätverk för att möjliggöra framtida samarbeten i en potentiell värdekedja för framtagande av grafentillämpningar. Exempelvis anger en företrädare för ett stort företag att det viktigaste motivet för att medverka är att få ta del av de diskussioner som förs inom nätverket som inspiration till företagets eget Fol-arbete, och i mindre utsträckning för att delta i Fol-projekt eftersom detta kan göras inom företaget utan att riskera kunskapsläckage.

I enkäten bad vi företagsrepresentanterna att karakterisera projektets TRL vid start och slut, se Figur 17. Resultaten baseras således på företagsrepresentanternas egna bedömningar, vilket innebär att de bör tolkas med viss försiktighet. Det var dock mycket få som inte ansåg sig kunna bedöma sitt projekts TRL vid start eller slut. Det vanligaste värdet vid projektstart är TRL1 och 2, och vid projektslut TRL3. Mycket få projekt bedöms ha kommit längre än TRL6 vid projektslut, vilket ligger i linje med villkoren för finansiering inom SIParna. Figuren ska inte tolkas som att många projekt har rört sig från TRL1 eller 2 till TRL6 eftersom den genomsnittliga TRL-progressionen för enskilda projekt är 2,1 och medianen 2.

Figur 17 Andel Fol-projekt som startat respektive slutat på olika TRL enligt företag, samt TRL-progression för enskilda projekt (n=46).



Källa: Webbenkät.

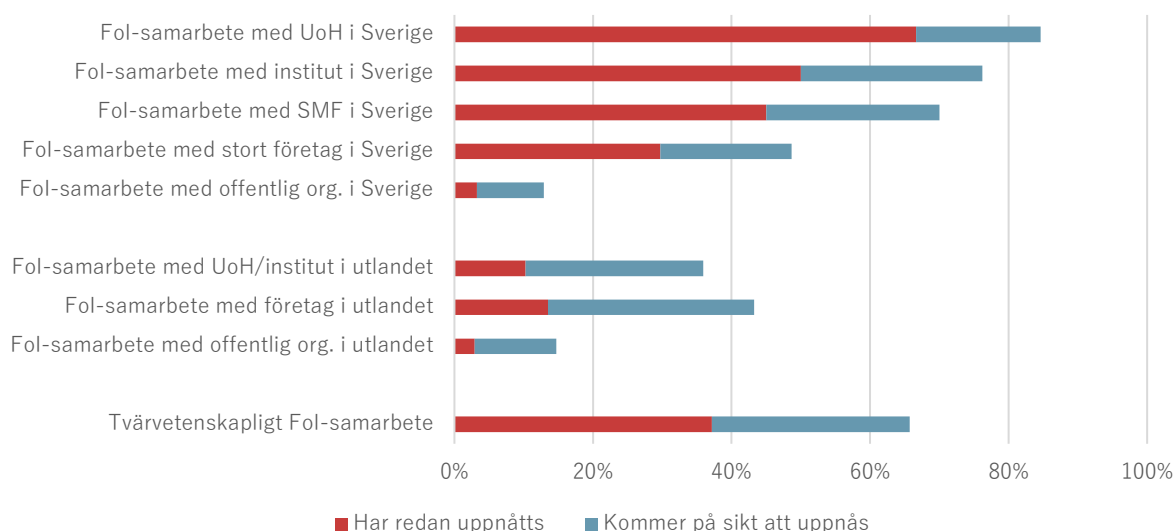
En representant för programmet beskriver i en intervju att strategin till en början var att finansiera små och korta projekt på låga TRL, exempelvis genomförbarhetsstudier, för att på så vis etablera området och attrahera nyfikna aktörer att testa materialet. Samma intervjuperson bedömer att det har varit lyckosamt för att attrahera aktörer till programmet, men betonar att programmet och dess aktörer nu är mogna att satsa på längre och större projekt med större möjlighet till innovation. Denna bild bekräftas dels av intervjuer med projektdeltagare, dels av att söktrycket till programmets senaste utlysning var rekordstort (denna utlysning omfattas dock inte av denna utvärdering). Figur 17 visar att SIO Grafens projekt ligger på relativt låga TRL, trots att programmet ska ligga på högre TRL än angränsande satsningar i Sverige (se Figur 1). Vidare berättar flera intervjuade projektdeltagare från företag att resultat från projekt som har genomförts på låga TRL har vidareutvecklats i följdprojekt på högre TRL. En intervjuperson från ett stort företag berättar:

Allt hänger så mycket på just materialet som sådant som kan ge möjlighet att göra saker, men för att utveckla industriella applikationer är det fortfarande lite långt bort. Det här är fortfarande på ganska låg TRL.

Figur 18 visar vilka samarbetsrelaterade aktiviteter som projektet har bidragit eller kommer att bidra till för företagen. Som framgår har FoI-projekt främst inneburit FoI-samarbete med aktörer i Sverige, i störst utsträckning med UoH och institut följt av samarbete med andra företag, främst med SMF men även stora företag. Detta är förväntat då projekten har som krav att inkludera minst två parter varav ett företag i genomförbarhetsstudier, minst tre parter varav ett företag i FoI-projekt (med programmets egen definition) och minst tre parter varav två företag i IoD-projekt. Det är värt att notera att relativt få företagsrespondenter anger att projekten har lett till samarbete med utlandsbaserade organisationer. Omkring en tredjedel förväntar sig dock att det på sikt kommer att ske med utländska företag, och en fjärdedel med utländska FoU-utförare.

Vidare anger nära fyra företagsrespondenter av tio (se Figur 18) att de samarbetsrelaterade aktiviteterna har varit av tvärvetenskaplig karaktär, och ytterligare tre av tio att det kommer ske på sikt. Det är väntat i och med grafens multifunktionalitet och många tillämpningsområden, vilka i många fall kräver ett tvärvetenskapligt angreppssätt.

Figur 18 Samarbetsrelaterade aktiviteter för företag i FoI-projekt (n=42).



Källa: Webbenkät.⁴³

I flera intervjuer med företagsrepresentanter framhålls att de samarbeten mellan olika typer av aktörer som har skapats genom programmets uppsökande verksamhet, såsom *matchmaking*, är uppskattat och möjliggör för aktörer att hitta rätt samarbetspartners, vilket är nödvändigt för att ta grafen från labb till produkt.

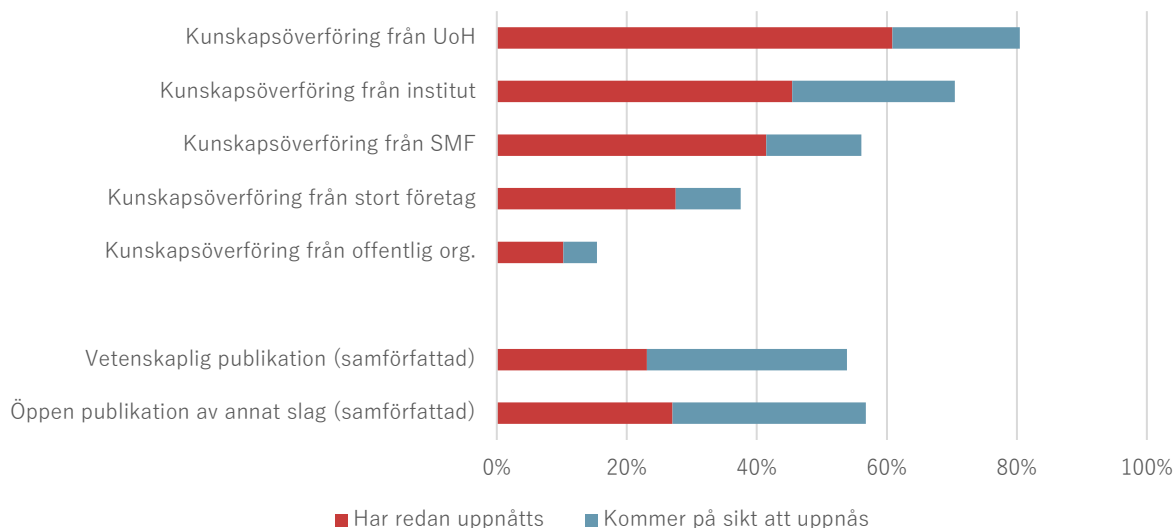
3.2 Resultat

I Figur 19 presenteras företagsrespondenternas bedömningar av resultat av projektdeltagandet. Det tydligaste resultatet som redan har uppnåtts är kunskapsöverföring från UoH följt av institut och

⁴³ Alternativen skulle värderas på följande skala: Har redan uppnåtts/Kommer på sikt att uppnås/Kommer ej att uppnås/Ej tillämpligt. I figuren har vi för att underlätta tolkningen utelämnat Kommer ej att uppnås och Ej tillämpligt.

företag, främst från SMF. Det är värt att notera att institutens bidrag till kunskapsöverföring är förhållandevis stort med tanke på att deras deltagande är ganska litet sett till finansiering (se Figur 5). Vidare anger omkring hälften av företagsrespondenterna att projekten redan har bidragit eller kommer att bidra till såväl vetenskapliga som publikationer av annat slag.

Figur 19 Resultat av företags deltagande i Fol-projekt (n=46).



Källa: Webbenkät.

Flera intervjuade företagsrepresentanter berättar att projekten har bidragit till att kunskap spridits mellan projektparterna. De betonar vikten av att aktörer längs värdekedjan, såväl andra företag som FoU-utförare med kompletterande kunskap och kompetenser ingår eftersom de kompletterar varandra med olika synvinklar och angreppssätt. En intervjuperson från ett SMF beskriver:

Det är fråga om en väldigt nyttig ömsesidig kunskapsöverföring. UoH kan inte helt produktutvecklingsbiten och företagen kan missa en hel del när det kommer till grunderna i ämnet.

En intervjuperson från ett stort företag berättar i en intervju:

Vi har bidragit med kunskap om värmebehandling och har levererat material till testerna. Så parterna har absolut lärt sig av varandra.

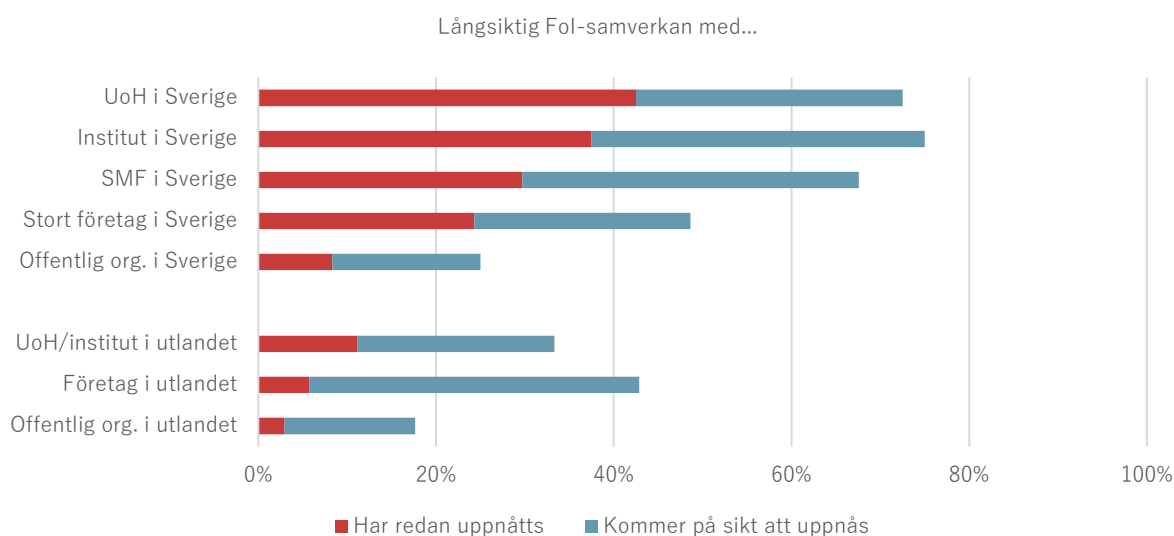
Resultatspridning ingår i programmets arbete med basaktiviteter, och det är obligatoriskt för samtliga projekt att presentera resultat på Svenskt Grafenforum. Programmet sprider även resultat via programmets hemsida, nyhetsbrev och sociala medier. Flera intervjuade företagsrepresentanter framhåller kunskapsöverföring mellan projekt som viktigt för kunskapsuppbyggnaden. Givet materialets ungdom är det både enligt intervjupersoner från flera aktörskategorier och saksakexperterna särskilt viktigt att bygga grundläggande förståelse om både grafens för- och nackdelar för att företag ska kunna använda sig av materialet.

3.3 Effekter

Figur 20 illustrerar effekter i form av att etablera eller bibehålla *långsiktig* Fol-samverkan – i kontrast till Figur 18 som redovisar Fol-samarbete, alltså något relativt *kortsiktigt* som pågår under projektets löptid. Framförallt anger fyra av tio företagsrespondenter att långsiktig samverkan redan

har uppnåtts med FoU-utförare, vilket överensstämmer med Figur 18. Vidare anger knappt en tredjedel att projekten redan har bidragit till långsiktig samverkan med Sverigebaserade SMF, och en fjärdedel med stora företag i Sverige. Det är framförallt företagsrespondenter från SMF som uppger att de genom projekten har etablerat långsiktig samverkan med stora företag. Av intervjuer med projektdeltagare från företag framgår att vissa projekt har bidragit till att utveckla en leverantörskedja, i vilken stora företag formulerat sina behov och SMF kunnat utveckla sitt erbjudande efter detta. Samtidigt uttrycker ett par intervjupersoner från stora företag att det har varit för tidigt att formulera specifika behov, varav en medger att detta bidrog till företagets förhållandevis perifera roll i projektet.

Figur 20 Effekter på långsiktig FoU-samverkan av företags deltagande i FoU-projekt (n=40).



Källa: Webbenkät.

Relativt få anger att de har etablerat långsiktig samverkan med utländska organisationer, även om det finns förhoppningar om att så kommer att ske på sikt med framförallt företag och FoU-utförare, se Figur 18. En representant för ett SMF som tillverkar grafen berättar att företaget i ett projekt har samarbetat med ett utländskt företag för att testa sensorer som innehåller grafen. Samarbetet beskrivs som väldigt lyckat och har dels lett vidare till diskussioner om industriellt samarbete, dels till att det svenska företaget undersöker möjligheter till motsvarande samarbeten i Sverige.

Företagsrespondenterna är överlag optimistiska avseende att på sikt etablera långsiktig samverkan med andra (se Figur 20). I intervjuer med projektdeltagare från företag framgår dock att många projekt befinner sig i ett tidigt utvecklingsstadium, i vilket de undersöker förutsättningar för den tilltänkta grafentillämpningen för att sedan simulera, testa och validera denna i följdprojekt. Det i sin tur medför att projektkonsortierna inte sällan är dynamiska med aktörer som både tillkommer och som väljer att inte delta i följdprojekt. Med det sagt vittnar många företagsrepresentanter om lyckade projektsamarbeten, och det framgår att djupare och mer långvariga samarbeten förstärker kunskapsöverföringen mellan projektparterna och bidrar till mer konkurrenskraftiga projektresultat. En intervjuperson från ett SMF betonar vikten av den mötesplats som SIO Grafen utgör vilken har möjliggjort för kommersiella samarbeten för företaget idag trots att projektet tog slut för flera år sedan. Samma person uttrycker:

Det är svårt att som high tech start up-företag komma in och lära känna folk i de stora företagen och inom akademien.

Projekten har i låg utsträckning skapat direkta kommersiella värden (även om undantag finns). Genom enkätanalysen och den samlade intervjuempirin har vi identifierat tre olika nivåer av kunskap för företag som skapas dels genom programmets aktiviteter, dels genom Fol-projekten:

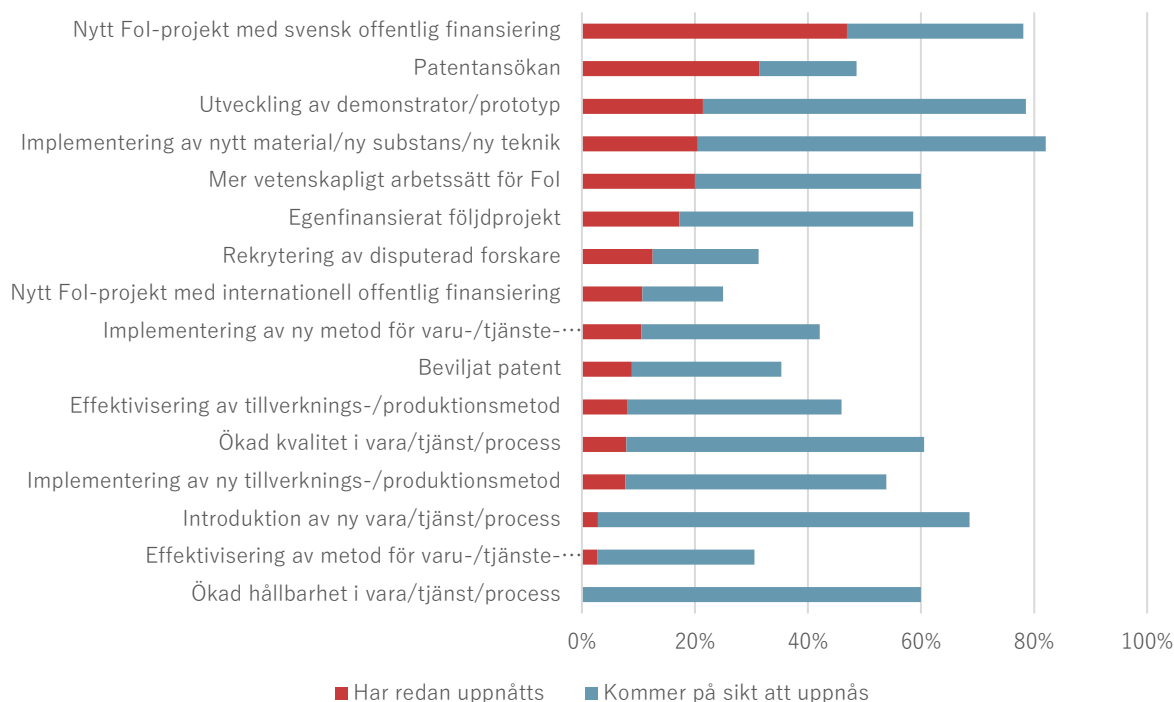
- Kunskap om möjligheter och potential
- Kunskap om behov och förutsättningar
- Kunskap om teknik och produktionsprocesser

Kunskap om **möjligheter** och **potential** skapas främst genom programmets basaktiviteter – utbildningsaktiviteter, *matchmaking*, och uppsökande verksamhet. Företag (som är nya inom området) får genom dessa aktiviteter möjlighet att tillägna sig grundläggande kunskap om vilka möjligheter grafen kan öppna och vilken potential materialet kan innebära för företaget, och kan diskutera dessa med personer med teknisk kompetens om grafen. Flera företagsrepresentanter menar att programkontoret innehar rätt kompetens för att introducera företag till grafenområdet. Ökad kunskap om **behov** och **förutsättningar** uppstår när en aktörskonstellation har börjat samarbeta i exempelvis en genomförbarhetsstudie. Denna kunskap handlar dels om vad företagen längs leverantörskedjan har för behov av och förutsättningar för att använda grafen, dels om företagets förutsättningar att tillämpa materialet (och vilket grafenmaterial). När framförallt Fol- och IoD-projekten genomförs ökar deltagarnas kunskap om **teknik-** och **(produktions)processer** avseende den tilltänkta grafentillämpningen. Som tidigare nämnts är det nödvändigt för företagen att få tillgång till extern Fol-kompetens och -infrastruktur (se Figur 16), som oftast återfinns hos FoU-utförare, för att utveckla kunskap och kompetens kring teknik och produktionsprocesser. Sammantaget visar intervjuempirin att kunskap från projekten bidrar till fördjupade insikter om hur grafens potential kan realiseras, men även till insikter om att grafen emellanåt inte är det rätta materialet för den undersöka tillämpningen.

I enkäten tillfrågades företagsrespondenterna om vilka ytterligare effekter som projekten bidrar till för företagen. Som framgår av Figur 21 är den vanligaste effekten som redan uppnåtts nya Fol-projekt med svensk offentlig finansiering (omkring hälften företagsrespondenterna anger detta). Eftersom många projekt befinner sig på låga TRL är det naturligt med följdprojekt, vilket bekräftas av intervjuade företagsrepresentanter som menar att mer Fol-arbete krävs för att ta den tilltänkta tillämpningen mot kommersialisering. Vidare anger en femtedel att följdprojekt har genomförts med egen finansiering, och en tiondel med internationell offentlig finansiering. I intervjuer framgår att följdprojekten oftast bedrivs inom SIO Grafen, men det finns även exempel på när projektresultat tagits vidare i projekt inom Flaggskippet, Eurostars, FLAG-ERA samt i andra SIPar. Dock så nämner en företrädare för ett stort företag att de föredrar att internt driva Fol inom grafenområdet för att inte tvingas dela resultat, vilket kan förklara att det är förhållandevis vanligt att driva följdprojekt internt när tillämpningen når högre TRL. Figuren visar även att omkring en tredjedel anger att de har sökt patent, vilket får betraktas som mycket högt. En tiondel anger även att de fått patent beviljat. Av intervjuerna framgår att många företag är måna om att skydda sin idé och tillämpning.

En annan tämligen vanlig effekt från projekten är utveckling av en demonstrator och prototyp (se Figur 21), omkring en femtedel anger att så redan har skett medan ytterligare tre femtedelar förväntar sig detta på sikt. Det är framförallt projektdeltagare från SMF som anger att de redan har utvecklat en demonstrator och prototyp, vilket återspeglar att SMF överlag varit mer aktiva och drivande i projekten. Vidare är det väntat att många projekt ännu inte har nått så långt som att utveckla demonstratorer och prototyper eftersom en stor andel av dessa är genomförbarhetsstudier på låga TRL. Av intervjuer med företagsrepresentanter framgår att karakterisering av materialets egenskaper i verklig miljö är viktigt för att dels fördjupa sin egen kunskap om materialet, dels skapa trovärdighet för sin tillämpning.

Figur 21 Ytterligare effekter av företags deltagande i Fol-projekt (n=42).⁴⁴



Källa: Webbenkät.

För att ta fram grafontillämpningar är det naturligt att utveckla nya material, substanser, tekniker, metoder, processer etc. Figur 21 illustrerar att en femtedel av enkätrespondenterna anger att företaget redan har implementerat nya material, substanser och/eller tekniker, medan ytterligare tre femtedel delar förväntar sig detta på sikt. Omkring hälften anger även att användning av grafen åtminstone på sikt medför antingen effektivisering av befintliga eller implementering av nya produktions- och tillverkningsmetoder samt nya metoder för varu- och processutveckling. Exempelvis nämner flera intervjuade företagsrepresentanter att utveckling och optimering av maskiner i projekten har krävt nya processer, bland annat för tillverkning av grafen.

Som förväntat är det sällsynt att projekten redan nu har bidragit till introduktion av nya varor, se Figur 21, även om en majoritet förväntar sig det på sikt. I intervjuer framgår att företagen i första hand undersöker inkrementella förbättringar av befintliga varor, i andra hand utveckling av helt nya varor och koncept. Vidare anger en majoritet av respondenterna att användning av grafen på sikt bidrar till ökad kvalitet och hållbarhet i varor och produktionsprocesser. Projekt som undersöker tillämpningar som simultant nyttjar flera av grafens egenskaper (multifunktionalitet) beräknas enligt sakkexperterna ta längre tid att utveckla än tillämpningar som enbart utnyttjar någon av grafens egenskaper och/eller som blandas med andra ämnen. I intervjuer med företagsrepresentanter framhålls särskilt att grafens låga vikt kombineras med någon av materialets andra egenskaper, såsom termisk eller elektrisk ledningsförmåga eller hållfasthet.

Flera företag utvecklar sensorer som är känsligare och mer effektiva än befintliga produkter. Dessa exempel är dock fortfarande i tidiga utvecklingsstadiet. I rutan nedan ges ett exempel där projektets deltagare utvecklade en demonstrator.

⁴⁴ Trunkerade svarsalternativ slutar med "...varu-/tjänste-/processutveckling.

APR Technologies – Miniaturiserad kryokylare baserad på grafen

Då det inom en rad olika marknader efterfrågas billigare och mer tillförlitliga kryokylare som kräver mindre underhåll, exempelvis inom rymdteknik eller kommunikationssystem, drev APR Technologies ett projekt med målet att utveckla en liten vibrationsfri grafenbaserad kompressor, utan rörliga delar som drivs med termisk energi. Projektet drevs i samarbete med Chalmers och SHT Smart High-Tech AB i Göteborg och var en fortsättning på tidigare projekt där konsortiet identifierat svårigheter och verifierat möjligheter med att använda grafenfilmer i en kryokompressor.

Resultatet från detta projekt var att en fungerande och mekaniskt robust kompressor utan rörliga delar utvecklats (i handhållen storlek) som förmår att skapa en tryckökning. I och med att syftet med projektet även var att demonstrera och karaktärisera funktionaliteter för den grafenbaserade kompressorn tillsammans med övriga systemkomponenter vidareutvecklades tillverknings- och integrationsmetoder för att alla delar i systemet skulle vara anpassade för varandra. Konsortiet utvecklade bland annat ett kompositmaterial av koppar/grafen som var mycket lovande inom angränsande områden så som för värmeväxlare. Kompositmaterialet nådde nära fyra gånger högre värmeledningsförmåga än ren koppar och har använts för utveckling av kylsystemets motflödande värmeväxlare. Värmeväxlaren togs till ett tidigt prototypstadium.

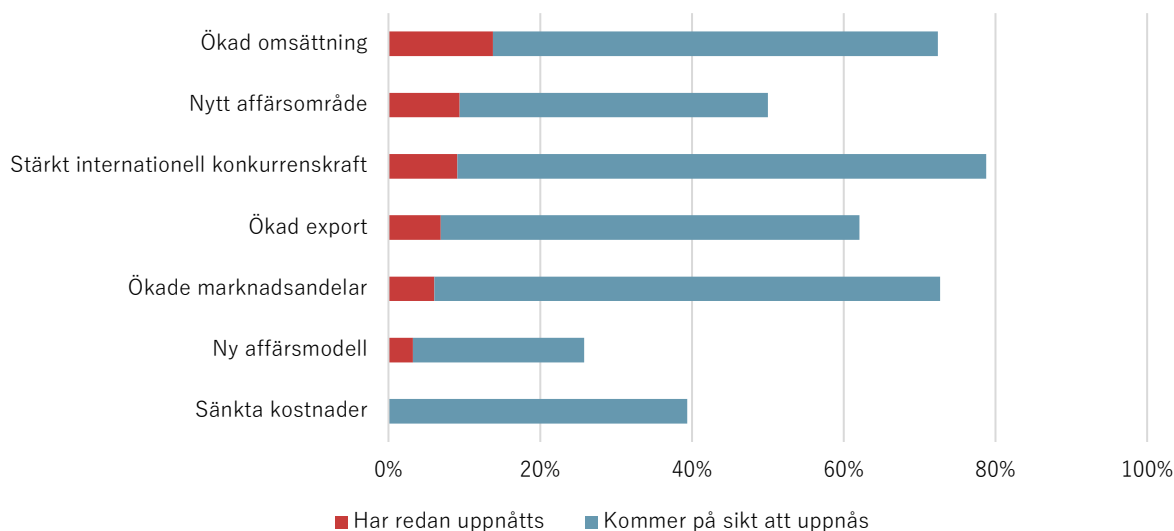
Punktlistan som följer ger några exempel på projekt som för deltagande företag har bidragit till effekter som kompetensutveckling, patentansökningar, nya metoder, etablering av nya värdekedjor samt följdprojekt med internationell finansiering.

- SaltX har genom sitt projekt hittat metoder för att integrera grafen i en saltmatris. Grafen har framställts och applicerats med en ny metod (patentsökt) in i en saltmatris. Den erhållna värmeledningsförmågan har mätts hos Chalmers Industriteknik (CIT). Ett nätverk av expertis från universitet och högskolor har byggts upp som kommer att vara avgörande inför ytterligare förbättringar av den grafen-integrerade matrisen. Vidare har kunskap om produktion av grafen samt ytapplicering av grafen byggts upp som kommer att kunna leda till industriell tillverkning av SaltX grafen-integrerade matris
- ScandiDos AB fick genom sitt projekt möjlighet att ta fram en skalbar metod för grafenbeläggning på polymersfärer samt utrustning för detta. Ett häftämnessystem med latent härdning utvecklades för att möjliggöra utveckling och beredning av ledande häftämnen, samt en metod för att dispergera de grafenbelagda partiklarna i häftämnet innan tester av sammanfogning av elektrodmaterial
- Saintpros resultat av förstudien blev lyckat där alla inblandade aktörer höjde sin kompetens inom grafenområdet. I samband med projektet byggdes även en värdekedja med företag som kan tillverka PC/grafen-kompositer i större skala i form av pellets
- ABB visade i en förstudie att tunna ledande skikt kan åstadkommas med tryckbara grafenkompositioner med bra ledningsförmåga och jämn kantstruktur. Parametrar som påverkar jämnhet i kanter och ytor har undersökts. Elektrisk utvärdering visar på ett nytt användningsområde för grafen; som material i komponenter som befinner sig i höga elektriska fält
- Sensair och KTH har i ett projekt tillsammans tagit fram grafenbaserade IR-detektorer integrerade på fotoniska vågledare. Under projektets gång har de delat kunskap genom teori- och designdiskussioner, presentationer och diskussioner av resultat, skrivande av en ansökan till FlagERA för fortsatt finansiering, samt gjort tre patentansökningar för vågledarintegrerade detektorer. Den kommersiella potentialen har utvärderats genom kostnadsanalys av den framtagna tillverkningsprocessen
- Graphensic och RISE Acreo har i ett projekt försökt öka den tekniska mognadsgraden för grafen på SiC för sensortillämpningar, samt att etablera en potentiell värdekedja från

materialtillverkning till slutanvändning av sensor. I projektet tillverkades och processades grafen på kiselkarbid i skivskala med högt utbyte. Sensorelementens design har baserats på behov av Pamitus och NFC. NFC har tillsammans med Pamitus sedan verifierat sensoruppställningen med avseende på funktionaliseringsmetod samt vilka molekyler som kan detekteras med vilken metod. Chippen har verifierats för sin känslighet, design samt linearitet inom de mätområden som har använts

I enkäten frågade vi även om kommersiella effekter. Som framgår av Figur 22 är det få kommersiella effekter som redan nu har uppnåtts, men däremot är förhoppningarna stora om att det kommer ske på sikt. En klar majoritet bedömer att projektdeltagandet på sikt kommer att leda till att företaget stärker sin internationella konkurrenskraft, ökar sina marknadsandelar, sin omsättning och sin export. En majoritet anger även att projekten åtminstone på sikt kommer bidra till ett nytt affärsområde, vilket sannolikt beror på att grafens olika egenskaper, och potential till samspel mellan dessa, förväntas bidra till nya affärsmöjligheter.

Figur 22 Kommersiella effekter av företags deltagande i Fol-projekt (n=33).



Källa: Webbenkät.

I enkäten är det i huvudsak representanter för SMF som anger att kommersiella effekter redan har uppnåtts. Två intervjupersoner från SMF beskriver:

Jag tror inte vår kommersiella verksamhet hade gått lika bra utan SIPen, vi hade nog inte funnits. Vi hade inte sett nyttan av att fortsätta driva bolaget.

Specifikt har det inneburit att vi tagit fram en produkt. Vi får även hjälp av SIO Grafen i marknadsföringen av produkten.

För stora företag är det mer sällsynt att projekten har bidragit till kommersiella effekter. I intervjuer med företrädare för dessa framgår att det finns förhoppningar om att grafen på sikt ska komma att introduceras i produkter, vilket kan bidra till stor kommersiell nytta för företaget. En intervjuperson från ett stort företag berättar:

Jag tror att det kommer leda till en ny produkt på sikt. Vi tror att produkten kommer bli standardiserad och att hela branschen kommer att arbeta med den.

Det skulle vara en relativt enkel processförändring men skulle uppfattas som radikal på marknaden.

Flera intervjupersoner påpekar att det tar lång tid innan ett nytt material kan introduceras på marknaden, upp till 40 år. Med det sagt finns redan idag grafenprodukter på marknaden från Fol-projekt i SIO Grafen. Exempelvis en grafenbaserad lågfriktionsbeläggning i form av en spray samt en ytbeläggning som kan skydda mot korrosion och leda ström. Det är uteslutande SMF som vi har identifierat som har introducerat grafenprodukter. Det finns även flera svenska företag – alla deltagare i SIO Grafen – som levererar grafen, bland andra 2D fab, Bright Day Graphene, Graphensic, Grafren, Graphmatech, SHT Smart High Tech och Talga. I exempelrutan nedan ges exempel på ett projekt som har lett till att kommersiella produkter finns ute på marknaden.

Applied Nano Surfaces Sweden – Nanokolbeläggning

Applied Nano Surfaces Sweden samarbetade med Epiroc, Trelleborg och Högskolan Dalarna i ett projekt för att ta fram en högpresterande lågfriktionsbeläggning baserad på grafen. För att förbättra de tribologiska egenskaperna så inkluderades flera olika komponentmaterial och grafenbaserade beläggningar på komponenten samt flera olika tätningsmaterial i en omfattande utvärdering.

Resultatet från testerna var att en komponent inklusive tätningar behandlat med grafenbeläggning fick en radikalt sänkt start och rörelsefriktion jämfört med referensbeläggningar samt att friktionen är på en stabil nivå samt obefintligt läckage av olja. Projektet demonstrerade hur grafen avsevärt förbättrade de tribologiska egenskaperna samt den mekaniska styrkan i beläggningen. Några månader efter projektets slut 2018, blev kommersialisering aktuell och Applied Nano Surfaces lanserade produkten Tricolit-GO. Det är en grafenbaserad lågfriktionsbeläggning i form av en spray för enkel användning. De tribologiska effekterna är minskad friktion, nötning, slip-stick rörelse och mikropitting. Minskad friktion ger fördelar då det ökar livslängden på anläggningar och maskiner, ger förlängda underhållsperioder och ökad verkningsgrad. Utöver det fungerar det även som korrosionsskydd. På så sätt fungerar beläggningen bland annat bra på ledstänger, glidbanor och räls.

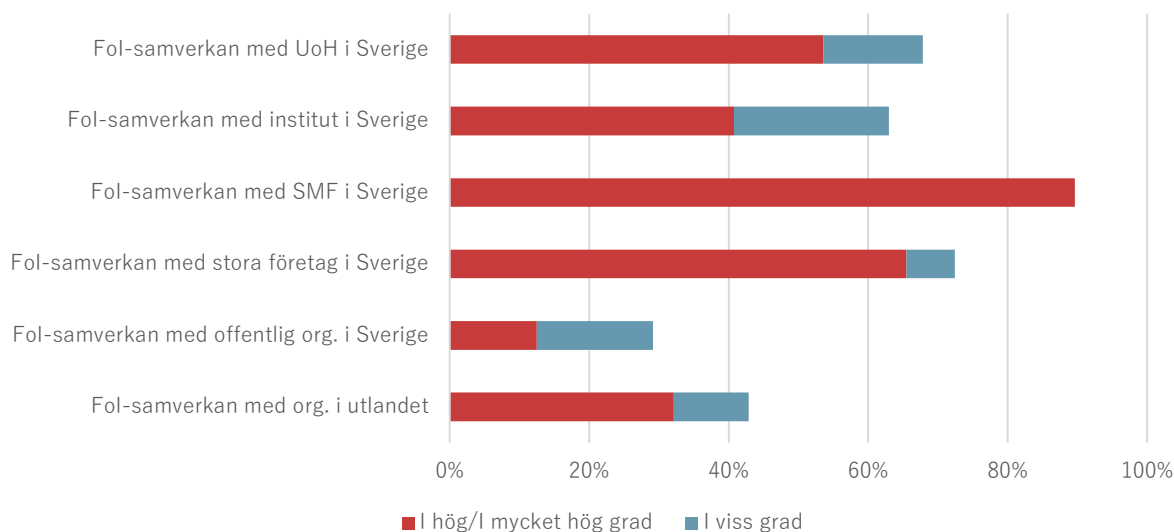
4 Resultat och effekter för FoU-utförare

I analogi med förra kapitlet studerar vi i detta kapitel först FoU-utförarnas bevekelsegrunder, projektens teknikmognadsnivå och resulterande aktiviteter. Därefter analyserar vi de resultat och effekter som projekten har lett och förväntas leda till för FoU-utförarna. Kapitlet bygger huvudsakligen på webbenkät, intervjuer och bibliometrisk analys, men även på dokumentstudier.

4.1 Projekten

I Figur 23 redovisas FoU-utförarens samverkansrelaterade motiv till att delta i projekt inom SIO Grafen. Motiven överensstämmer relativt väl med företagets motiv vilket ger programmet goda förutsättningar att skapa kontaktytor mellan aktörstyperna. Det är värt att notera att fler anger samverkan med SMF än med stora företag som motiv, vilket möjligtvis speglar att stora företag i mindre utsträckning är aktiva inom området. I intervjuer med projektdeltagare från FoU-utförare framgår att samverkan med företag är ett viktigt motiv för att hjälpa dem med deras FoU-relaterade problem och på så vis höja kunskapsnivån inom grafenområdet. Samverkan med andra forskargrupper hos UoH och institut tycks vara någorlunda vanliga motiv för projektdeltagandet, vilket sannolikt är en konsekvens av grafenområdets tvärvetenskapliga natur och många tillämpningsområden. I intervjuempirin framhålls att FoU-utförare ofta vill bidra till uppbyggnaden av ett grafennätverk i Sverige för att på så vis möjliggöra nya FoU-samarbeten.

Figur 23 FoU-utförarens samverkansrelaterade motiv för att delta i FoU-projekt (n=29).

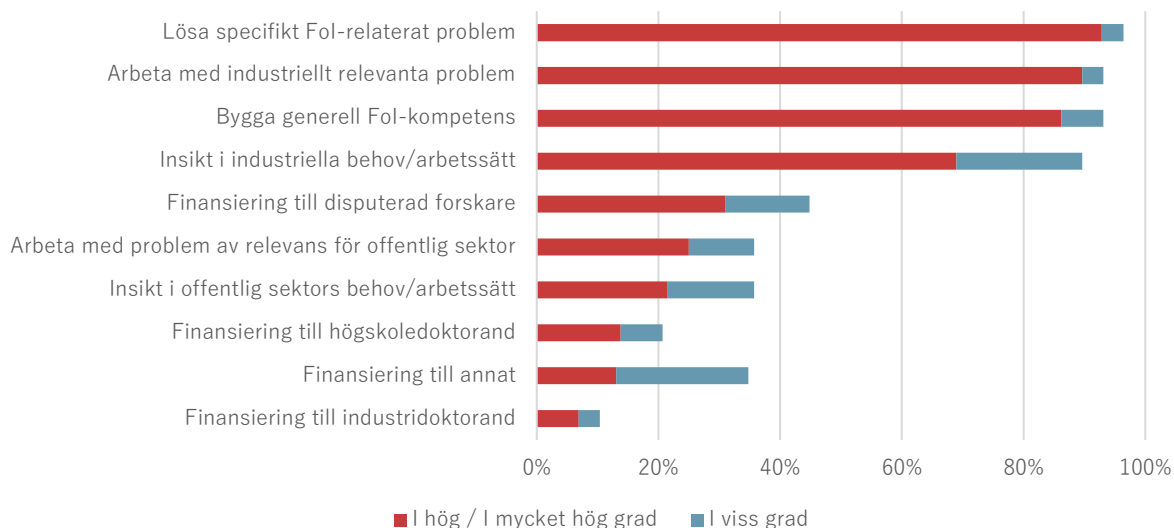


Källa: Webbenkät.

Figur 24 visar tydligt att FoU-utförare motiveras av att delta i projekt för att få arbeta med industriellt relevanta FoU-problem, få insikt i industriella behov och arbetssätt, att få lösa specifika FoU-relaterade problem samt att bygga generell FoU-kompetens. I intervjuer framgår att det senare utgör ett viktigt motiv beroende på områdets omognad och att såväl redan aktiva som nya forskargrupper inom området ser behov av generell kunskaps- och kompetensuppbyggnad. Det är däremot färre som anger finansiering för doktorander och disputerade forskare som viktiga motiv. I intervjuer med projektdeltagare från FoU-utförare framgår dock att finansiering till doktorander i några fall har utgjort ett viktigt motiv, även om finansieringen bara täcker en del av utbildningstiden. Några UoH-representanter nämner att de via deltagande i programmet håller sig uppdaterade om nya områden för att på så sätt kunna utbilda framtida studenter, både på grund- och

forskarutbildningsnivå. Den kunskap som byggs kring grafen och andra 2D-material är således viktig för den framtida kunskapsförsörjningen. I intervjuer med projektdeltagare från FoU-utförare samt i enkätens fritextsvar nämns finansiering till att bedriva forskning och få tillgång till utrustning som viktiga motiv.

Figur 24 FoU-utförares ytterligare motiv för att delta i FoU-projekt (n=29).



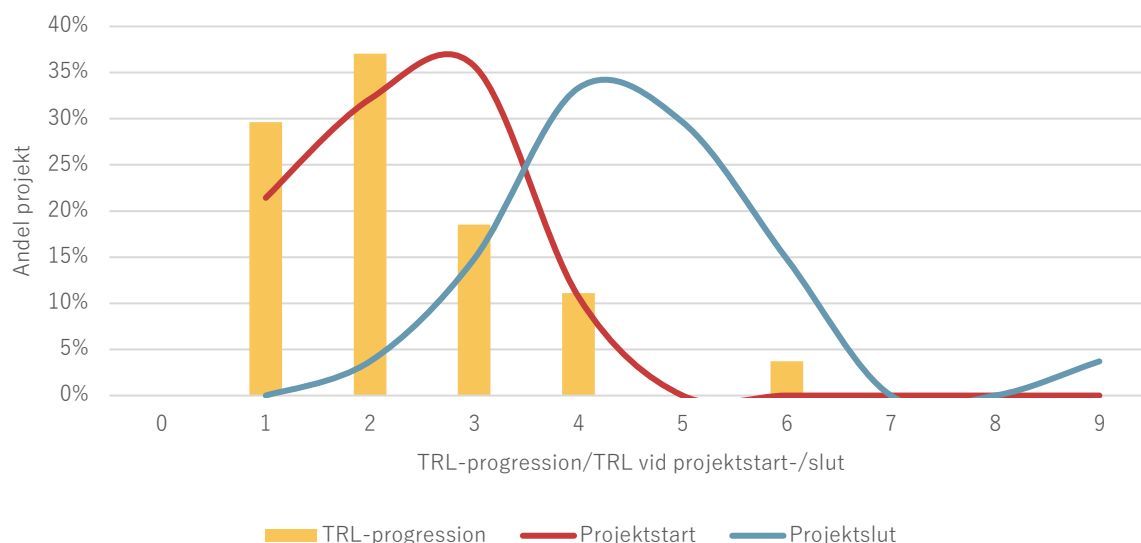
Källa: Webbenkät.

Intervjuutsagorna från FoU-utförarrepresentanter bekräftar bilden från enkäten om att generell kunskaps- och kompetensuppbyggnad inom området är viktiga motiv. En institutsrepresentant beskriver att dennes organisation inte har några egna egentliga behov förutom att bygga intern kunskap för att bättre kunna anpassa sitt erbjudande till företagets behov. Vidare beskriver många representanter för FoU-utförare karakterisering av grafenmaterial som särskilt viktigt för att materialet ska komma till användning i samhället, det vill säga vad för material som levererats och vilka egenskaper det har. Ett viktigt motiv för FoU-utförare som ofta agerar referenslabb blir följaktligen att lära sig mer om materialet för att utveckla sin kompetens om karakterisering.

Figur 25 visar att FoU-utförarnas bedömningar av TRL vid projektstart och -slut stämmer relativt väl överens med företagsrespondenternas bedömningar. FoU-utförarna gör dock en lite mer optimistisk bedömning, jämför med Figur 17. Det vanligaste värdet vid projektstart är TRL3 och vid projektslut TRL4. Den genomsnittliga TRL-progressionen för enskilda projekt är 2,3, och medianen 2. Liksom för företagsrespondenterna var det mycket få FoU-utförarrepresentanter som inte ansåg sig kunna bedöma sitt projekts TRL.

Erfarenhetsmässigt är det vanligt att representanter för FoU-utförare gör högre bedömningar av projektens TRL än representanter för företag, vilket sannolikt beror på att de inte har samma inblick i industriell implementering. När starka forskningsresultat kommer fram är det vanligt att forskare gör bedömningen att dessa tämligen snabbt borde gå att introducera i industriell skala. Företagsrepresentanter med inblick i industriella processer gör å sin sida generellt sett mer konservativa bedömningar.

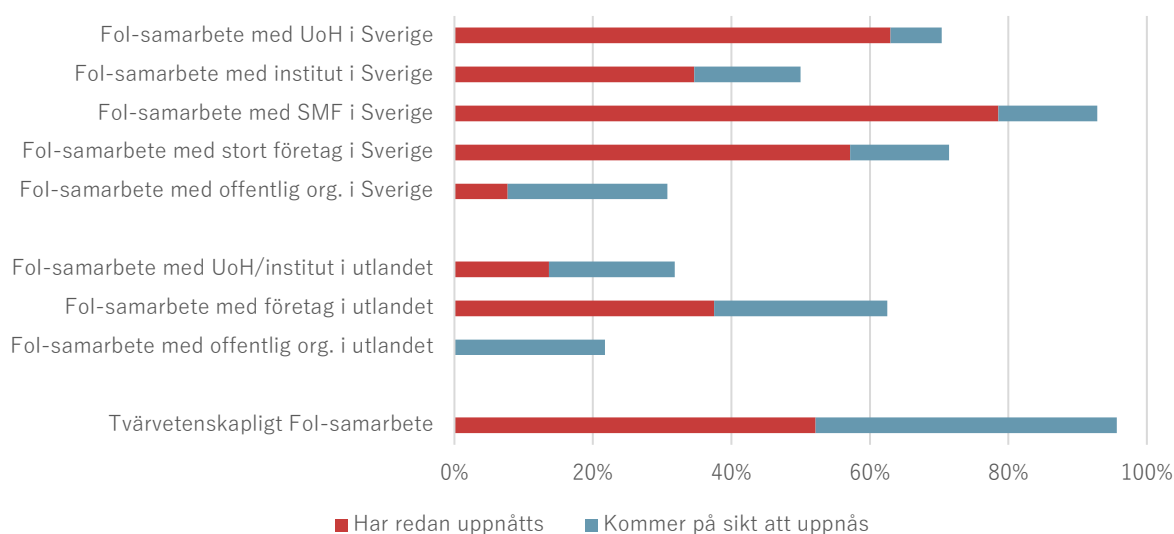
Figur 25 Andel FoU-projekt som startat respektive slutat på olika TRL enligt FoU-utförare, samt TRL-progression för enskilda projekt (n=28).



Källa: Webbenkät.

Figur 26 visar FoU-utförarnas uppfattningar om vilka samarbetsrelaterade aktiviteter som realiserats. Denna bild stämmer väl överens med FoU-utförarnas motiv för deltagandet, se Figur 23. Samarbete med SMF är det som hittills har skett i högst utsträckning, följt av samarbete med andra UoH och stora företag. Det är värt att notera att omkring 40 procent anger att projekten har bidragit till samarbete med företag i utlandet, vilket möjligen förvånar med anledning av resultatet avseende fördelning av offentlig finansiering och medfinansiering per aktörstyp (se Figur 5). Detta kan bero på att enkätrespondenterna tolkat frågan brett och inkluderat eventuella följdprojekt. Tvärvetenskapligt FoU-samarbete är det som på sikt förväntas uppnås i högst utsträckning, vilket återigen bekräftar vikten av samverkan mellan FoU-utförare från olika ämnesområden och med olika kompetenser.

Figur 26 Samarbetsrelaterade aktiviteter för FoU-utförare i FoU-projekt (n=28).



Källa: Webbenkät.

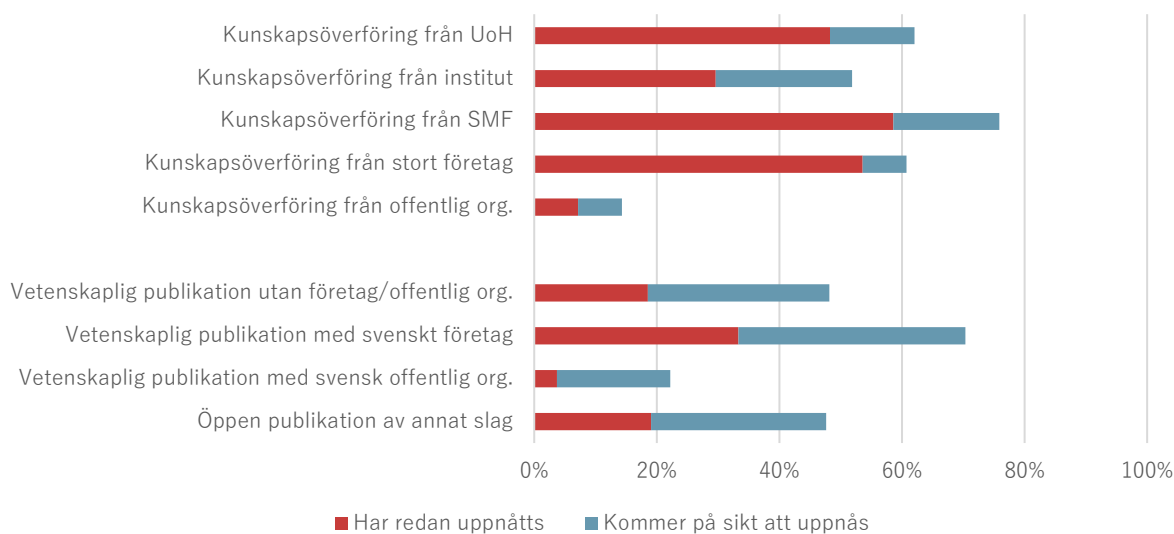
I intervjuer beskrivs återkommande att projekten har bidragit till att skapa nya samarbeten. Flera intervjupersoner ger exempel på genomförbarhetsstudier som senare har skalats upp till FoI- eller IoD-projekt, och då inkluderat fler aktörer. Detta leder till att FoU-utförarens nätverk växer och fler aktörer blir intresserade av grafen. En intervjuperson från ett UoH beskriver:

Genom projektet kunde vi undersöka idéerna vi hade och samordna min forskargrupp med företagets. Vår forskning och företaget har drivit projektet framåt.

4.2 Resultat

Figur 27 visar att kunskapsöverföring från SMF är det vanligaste resultatet för FoU-utförare följt av kunskapsöverföring från stora företag och UoH. Kunskapsöverföringen följer till stor del samarbetsmönstren i Figur 26. Såväl vetenskapliga som andra slags publikationer har redan producerats, men förväntas främst ske på sikt. Framförallt förväntas projekten bidra till vetenskapliga publikationer samförfattade med svenska företag. Trots att publikationer inte är det vanligaste resultatet enligt enkätbedömningarna nämns det i flera intervjuer som viktiga resultat. Därtill framgår att forskare synliggörs genom deltagande i både nationella och internationella konferenser, exempelvis Svenskt Grafenforum, workshops anordnade av programkontoret och programmets hemsida.

Figur 27 Resultat av FoU-utförarens deltagande i FoI-projekt (n=29).



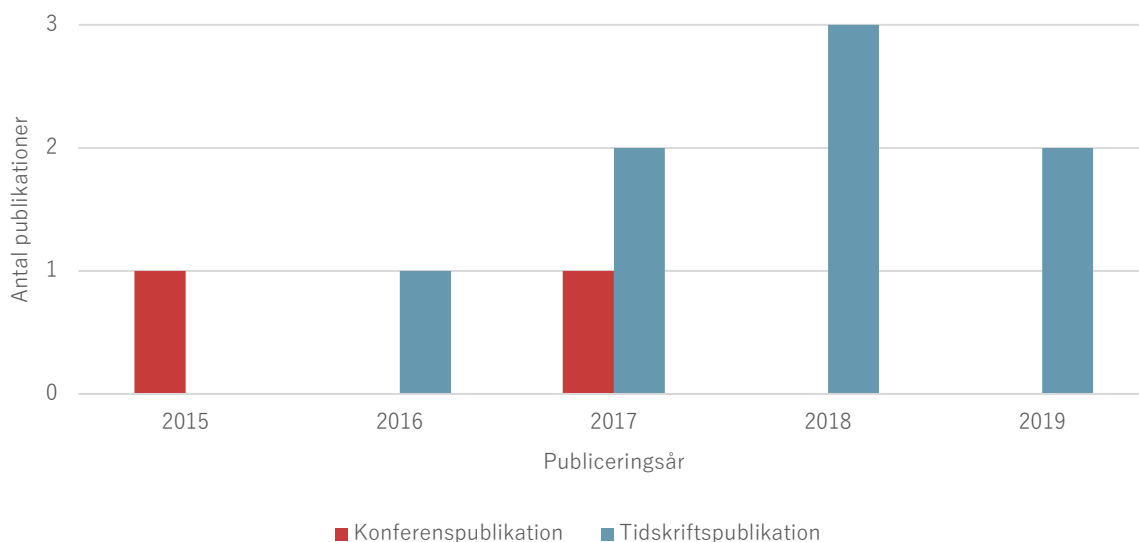
Källa: Webbenkät.

En majoritet av de intervjuade FoU-utförarerepresentanterna anger att projekten har lett till ny kunskap som spridits inom projektgruppen. Exempelvis nämns att deltagare med erfarenhet från tidigare projektsamarbeten varit särskilt viktiga för kunskapsutbyte. Detta leder i sin tur till att FoU-utförarna kan vidareutveckla sin kompetens, vilket öppnar för nya projektsamarbeten.

Figur 28 visar antalet publikationer från FoI-projekt inom SIO Grafen är mycket få (figuren bygger på data för blott åtta tidskriftspublikationer och två konferenspublikationer), vilket innebär att det inte går att dra några meningsfulla slutsatser av figuren. Sannolikt har en del av de senare årens resultat ännu inte publicerats, vilket torde leda till en fortsatt ökning av antalet publikationer under kommande år. Därtill har programmet inte begärt in information om publiceringar eftersom tidskriftspublikationer inte varit en resultatindikator. Med det sagt baseras den bibliometriska

analysen likväl på få publikationer, och resultatet av den bör därför tolkas med stor försiktighet. Sakexperterna påpekar mycket riktigt att programmet har fokus på innovation och inte på forskning, vilket antagligen är en (del)förklaring till det låga antalet publikationer. De menar vidare att projekt som tar fram ny kunskap om tillämpningsområden och om grafens egenskaper sannolikt bidrar med vetenskapligt värdefull information som bör kunna publiceras.

Figur 28 Programmets publikationer fördelade på publiceringsår och typ av publikationsmedium.

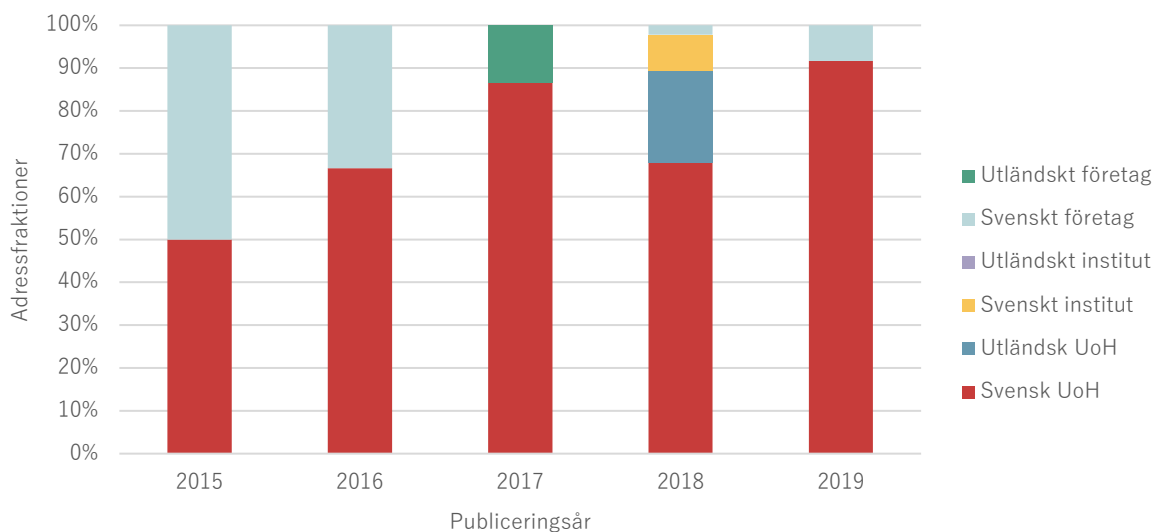


Källa: Bibliometrisk analys.

Figur 29 visar olika organisationstypers relativa bidrag till programmets publikationer (mätt i adressfraktioner⁴⁵). Svenska UoH är den aktörstyp som bidragit mest, följt av svenska företag. Figuren bör dock tolkas med försiktighet med tanke på det låga antalet publikationer.

⁴⁵ Adressfraktioner används för att beskriva i vilken utsträckning en publikation har producerats i samverkan. Om författarna till en publikation exv. kommer från tre olika organisationer (adresser) tillskrivs varje organisation en tredjedels publikation.

Figur 29 Svenska och utländska organisationstypers relativa bidrag till programmets publikationer.

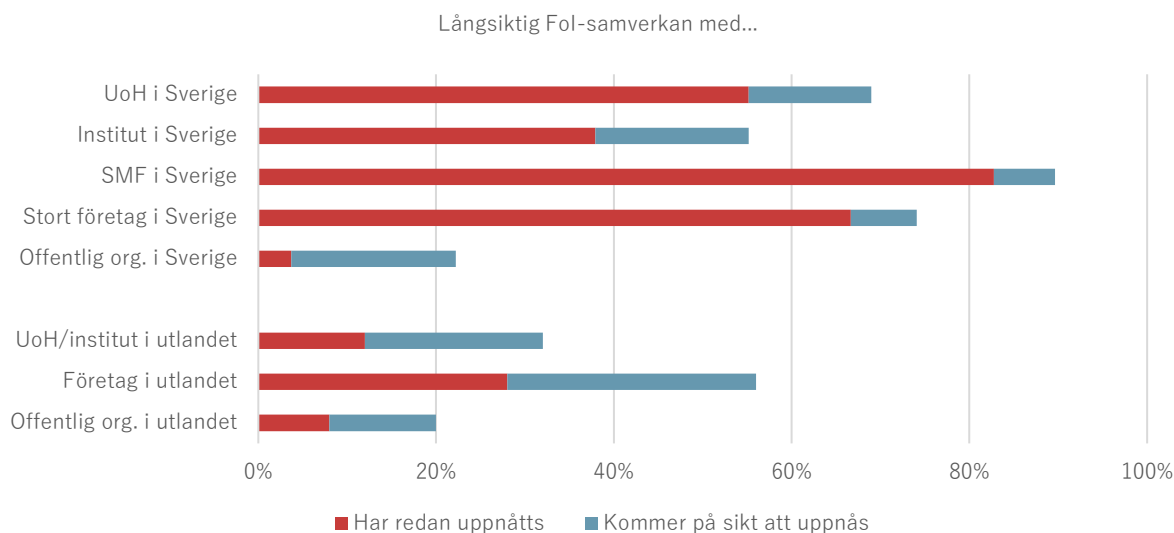


Källa: Bibliometrisk analys.

4.3 Effekter

Som framgår av Figur 30 så anger projektdeltagare från FoU-utförare att långsiktig samverkan i högst utsträckning har etablerats med företag, och då främst med SMF (omkring 80 procent), följt av stora företag (omkring 70 procent), vilket är i enlighet med tidigare presenterad empiri om samarbetsmönster, se Figur 26.

Figur 30 Effekter på långsiktig FoU-samverkan av FoU-utförare deltagande i FoU-projekt (n=29).



Källa: Webbenkät.

En majoritet anger även att långvarig samverkan med andra forskargrupper i Sverige, från såväl UoH som institut, har etablerats. En knapp fjärdedel menar att långsiktig samverkan har etablerats med företag i utlandet. Med tanke på grafenområdets snabba tillväxttakt är förhoppningarna om att det i framtiden kommer skapas fler samarbeten med utländska organisationer. Det finns dock redan

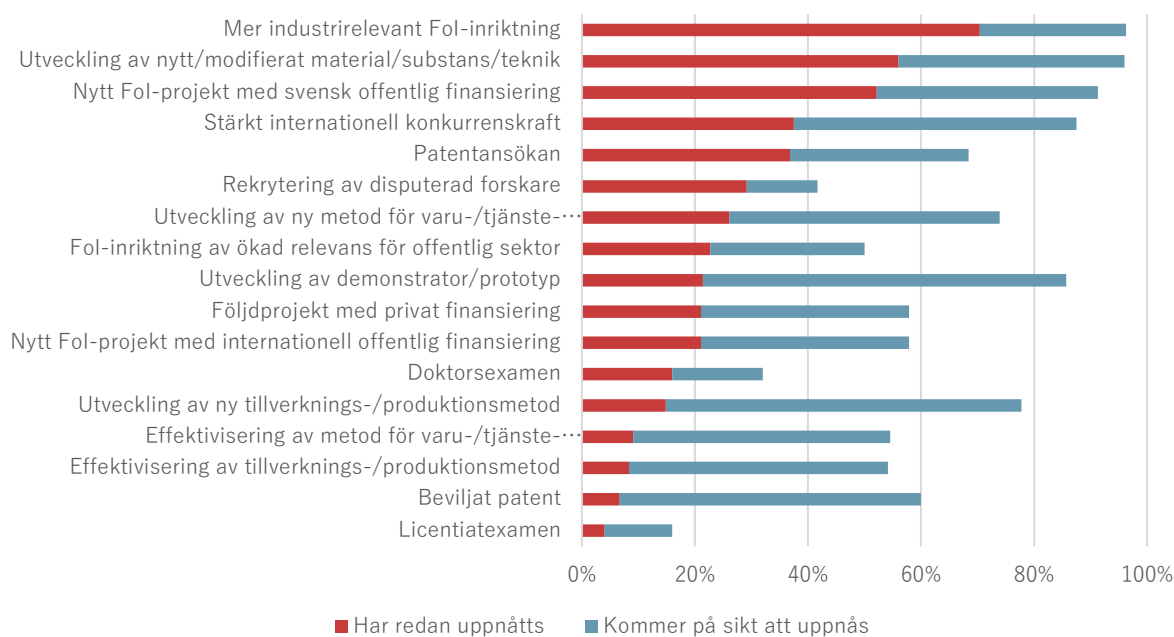
exempel där forskargrupper från olika länder har knutits samman och långvariga samarbeten har skapats. En intervjuperson från ett UoH beskriver:

Tanken med internationella nätverk är att man får fördjupad kunskap och kan samverka med aktörer som har kunskap i sådant man själv inte är specialist inom. Det är snabbaste vägen till innovation.

Flera intervjupersoner betonar SIO Grafens betydelse för de nätverk som skapats, vilka möjliggör långsiktiga samarbeten. Ur den samlade enkät- och intervjuempirin framgår att samarbeten längs värdekedjan medför att FoU-utförare får vidareutveckla deras kompetens. Redan etablerade grafenforskare får nya insikter om företags behov och förutsättningar att använda grafen, forskare med ämneskompetens inom ett givet styrkeområde ges möjlighet att introduceras till grafen och lära sig mer om materialet, och forskare med tillämpningsinriktade mätkompetenser (såsom från institut) ges möjlighet att utveckla bättre mätmetoder och utvärdera dessa.

Figur 31 visar FoU-utförarens bedömning av vilka ytterligare effekter som har uppnåtts. De två vanligaste effekterna är en mer industrirelevant FoU-inriktning och utveckling av nya eller modifierade material, substanser och tekniker. Båda dessa är väntade givet att projekten undersöker möjligheter att ta fram eller utveckla tillämpningar med grafen. I många fall har projekt lett till patentansökningar (omkring 40 %) och i några få fall beviljade patent (7 %).

Figur 31 Ytterligare effekter av FoU-utförarens deltagande i FoU-projekt (n=28).⁴⁶



Källa: Webbenkät.

En majoritet av de intervjuade menar att projekten har varit viktiga för att bygga kunskap om materialet och för att driva forskningsfältet framåt, även vid de tillfällen som projektresultaten visat att det inte varit möjligt eller lämpligt att gå vidare för att utveckla en kommersialiserbar produkt.

⁴⁶ Trunkerade alternativ slutar med "...varu-/tjänste-/processutveckling".

En representant för ett institut nämner att organisationen har kunnat bygga upp en stark intern kompetensbas genom projekten.

I kapitel 3 redovisade vi att många intressanta resultat har utvecklats, men de behöver i de flesta fall vidareutvecklas till användbara produkter. I linje med detta anger omkring hälften av FoU-utförarrespondenterna att projekten har lett till följdprojekt med svensk offentlig finansiering, och omkring en femtedel projekt med internationell eller privat finansiering. Följdprojekten är ofta finansierade av SIO Grafen, men det finns flera exempel med andra finansiärer, exempelvis SSF, Flaggskippet och FLAG-ERA. I intervjuer med forskare som deltagit i internationella projekt framgår att dessa ofta är administrativt tyngre, har bredare fokus, att intervjupersonens del i projektet är liten samt att konsortierna är så stora att de är trögstyrda. De är därför positiva till projekt inom SIO Grafen. I följdprojekten, både inom och utanför programmet, får forskare möjlighet att vidareutveckla sin kompetens, ta del av ytterligare kunskapsutbyte samt utveckla och få tillgång till FoU-infrastruktur. En intervjuperson nämner även att SIO Grafen har bidragit till att Chalmers kunnat bygga ett unikt labb för termiska mätsystem.

Att SIO Grafen möjliggör små och riktade projekt framhålls som positivt eftersom de ger FoU-utförare möjlighet att vara flexibla och följa nya oförutsedda resultat, vilket bidrar kompetensuppbyggnad. Flera intervjupersoner berättar att de får möjlighet att utveckla sin förståelse för grafen samt ta fram metodik och specialkompetens för karakterisering och framställningsteknik. En representant från ett institut beskriver:

Vi har fått bättre förståelse för grafens egenskaper och vad som ska klassas som grafen och inte. Vi har utvecklat provmetoder och är på g med standardmetoder. Oftast tar det 5–10 år att standardisera, men nu har det gått snabbare.

Det är värt att notera att en klar majoritet av respondenterna bedömer att projekten antingen har bidragit eller kommer att bidra till stärkt internationell konkurrenskraft, och omkring 40 procent anger att detta redan skett (se Figur 31). Tillgång till nätverk som möjliggör samarbeten, uppslag till nya problem och frågeställningar av industriell karaktär samt möjlighet till fortsatt forskning inom grafenområdet framhålls som viktiga faktorer för uppbyggnad av kritisk massa, och för att positionera svenska forskargrupper i den internationella framkanten. Intervjupersoner vittnar även om att de har blivit kontaktade av utländska aktörer då deras forskning blivit internationellt känd och att de är konkurrenskraftiga i internationella utlysningar.

Följande exempel visar på projekt som bidragit till olika former av effekter för FoU-utförare, exempelvis kunskapsuppbyggnad om grafen, utveckling av nya metoder och nya tillverkningsprocesser samt ansökningar om patent och följdprojekt med internationell finansiering.

- KTH har utvecklat en ny tillverkningsprocess för frihängande kiselvågledare ovan på vilka grafendetektorer kan integreras. Genom förstudieprojektet kunde KTH även lämna en slagkraftig ansökan om uppföljningsfinansiering till FlagERA, med två nya internationella partners. Därmed utökade deras nätverk inom den internationella grafenforskningen
- CIT testade i ett projekt effekten av grafen som tillsats i beläggning och olika parametrar på konduktiviteten (bulk och yta), såväl som korrosions- och friktionsegenskaper. Projektet syftade att identifiera de ideala parametrarna för att erhålla riktad ledningsförmåga och samtidigt behålla goda korrosions- och friktionsegenskaper. Resultatet visade hur grafenet i beläggningen påverkade konduktiviteten och hittade parametrar för en reproducerbar process. De flesta av resultaten erhöles på stål - mer optimering behövs för att bredda substratområdet. Patentsökning visade att förutsättningarna är goda för att patentera tekniken både nationellt och internationellt

- RISE drev ett projekt i samarbete med KTH och Alfa Laval i syftet att utveckla en multifunktionell beläggning för värmeväxlare. Projektet visade tydligt att tillsatts av grafenbaserade material avsevärt kan förbättra korrosionsskydd för rostfritt stål i aggressiva miljöer. För att en kommersialisering ska bli möjlig behöver dessa resultat ytterligare optimeras och vidareutvecklas
- LIU genomförde ett projekt i samarbete med Graphensic i syfte att utveckla en portabel sensor för fältanalys av dioxiner i vatten och jord, som komplement till dagens tidskrävande och dyra metoder för dioxinanalys. I projektet utvecklades en grafenbaserad sensorteknologi som gör det möjligt att snabbt få ett värde på dioxinkoncentration i komplexa prover. Teknologin kan skräddarsys även för andra analyser, och är något konsortiet avser patentera. Projektet har lett fram till konceptvalidering, och arbetet fortsätter med integration i Envic-Sense kommersiella instrument
- CTH drev ett projekt där resultaten hjälpte till att förstå de anisotropa och icke-linjära elektriska egenskaperna hos de två olika grafenoxid-silikongummikompositerna. Dessutom utvecklades elektriska testmetoder, instrumentering samt elektrodsystem för materialens anisotropa egenskaper. Dessa materialparametrar och testmetoder är grunden i utformningen av moderna apparater för högspänning. Den utvecklade mättekniken kan användas i karakteriseringar av olika materials anisotropa och icke-linjära egenskaper i elektriska fält, samt för identifiering av material

Ett projekt för hållbarhet - Grafenbaserade flexibla och återvinningsbara ljuskällor för livsvetenskapliga applikationer

En forskargrupp på Umeå Universitet har vid två tillfällen samarbetat med företaget LunaLEC för att utveckla mer miljövänliga, plastfria och energisnåla ljuskällor. Bland annat skulle sådana ljuskällor kunna gynna medicinskt teknisk utrustning och andra elektroniska smarta objekt. Första projektet var år 2015–2016 för att ta fram en lösningsbaserad katod för tryckbart ljus. Vidare i ett följdprojekt år 2017 försökte konsortiet ytterligare påvisa funktionalitet och experimenterade med olika former av grafen.

Två grafenmaterial identifierades som kombinerar hög elektrokemisk stabilitet med hög dispersionsgrad och verkade lovande som elektroder i LunaLECs komponenter för att kommersialisera tillverkning av lysande plastark. Ytterligare har projektet legat som grund för fortsatt testning av grafen i olika former för att ta fram grafen med lägre funktionaliseringsgrad och därigenom få en högre konduktivitet men med bibehållen dispersionsförmåga.

Multifunktionell kompositstruktur med hjälp av Grafen

Multifunktionell kompositstruktur med hjälp av grafen var ett projekt som utfördes av Saab Aeronautics, Blackwing, Chalmers och 2D fab (år 2017–2019). Ändamålet var att introducera grafen i epoxibaserade kolfiberkomposit vilket producerar multifunktionellt och lätt material för luftfartsapplikationer. Syftet var även att demonstrera grafens effekt på materialets egenskaper vilket de fick tydliga resultat för. En kombination av experimentella studier, simuleringar och modelleringar gav resultatet att små mängder av grafen förbättrade styrka och tållighet i materialet, ökade elektrisk ledningsförmåga samt minskade absorbering av fukt. Implementering av detta i en flygplansstruktur skulle bidra till minskat materielbehov och minska flygplanets vikt vilket i sin tur minskar bränsleförbrukningen och det miljöfarliga koldioxidutsläppet.

Demonstratorer producerades med användning av epoxi med olika nivåer av grafenförbättring och testades med användning av blixtrar. Resultaten visade att mycket tunna lager av grafenförstärkt epoxi kan förbättra skyddsförmågan och leda till minskade skador av blixtnedslag i flygplanskroppen. Den demonstrerade förbättringen belyser potentialen att använda sådant material för lättflygsapplikationer. Projektkonsortiet har presenterat sina resultat genom olika konferensbidrag och planerar ytterligare publikationer. Konsortiet har även tagit resultaten vidare i ett uppföljningsprojekt.

De tidskrifter och konferensserier som programmets publikationer har publicerats i har klassificerats i fyra publiceringsstrata, där det statistiskt förväntade utfallet är att publikationerna i lika delar ska fördelas på respektive stratum. Högre stratum indikerar högre vetenskaplig kvalitet. Figuren baseras på en indikator som väger antalet citeringar inom ett område baserat på områdets typiska citeringspraxis.⁴⁷ Figur 32 visar programmets publikationer fördelade på de fyra publiceringsstratumen. Figuren illustrerar att tidskriftspublikationerna primärt återfinns i det högsta stratomet, vilket indikerar hög vetenskaplig kvalitet. Att de två publikationerna i konferensserier återfinns i stratum 2 indikerar på motsvarande sätt en vetenskaplig kvalitet under medianen. Återigen ska dessa resultat tolkas med stor försiktighet med tanke på det låga antalet publikationer (figuren bygger på data för blott sju tidskriftspublikationer och två konferenspublikationer). Sakexperterna gör bedömningen att flera publikationer kan förväntas från projekt inom SIO Grafen i och med den expertis som finns hos forskargrupper som deltar i projekten.

Figur 32 Programmets publikationer fördelade på publiceringsstrata.



Källa: Bibliometrisk analys.

⁴⁷ Se bilaga C för detaljer.

5 Effekter på system- och samhällsnivå

Detta kapitel inleds med en analys av SIO Grafens effekter på systemnivå, följt av dess effekter för samhället i stort, för att avslutas med ett resonemang om programmets bidrag till uppfyllelse av SIP-satsningens övergripande effektmål. Kapitlet bygger främst på registeranalyser genom SNA, dokumentstudier, webbenkäter, intervjuer och saksakernas rapport.

5.1 Effekter på systemnivå

5.1.1 Programmets samarbetsmönster

Effekter på systemnivå kan uppstå exempelvis genom att programmet involverar nya aktörer, kompetensutvecklar aktörer och skapar nya samarbetskonstellationer. I kapitel 3 och 4 beskrev vi hur nya samarbetskonstellationer är viktiga resultat för företag och FoU-utförare. Samarbeten skapas såväl längs leverantörskedjor som mellan branscher.

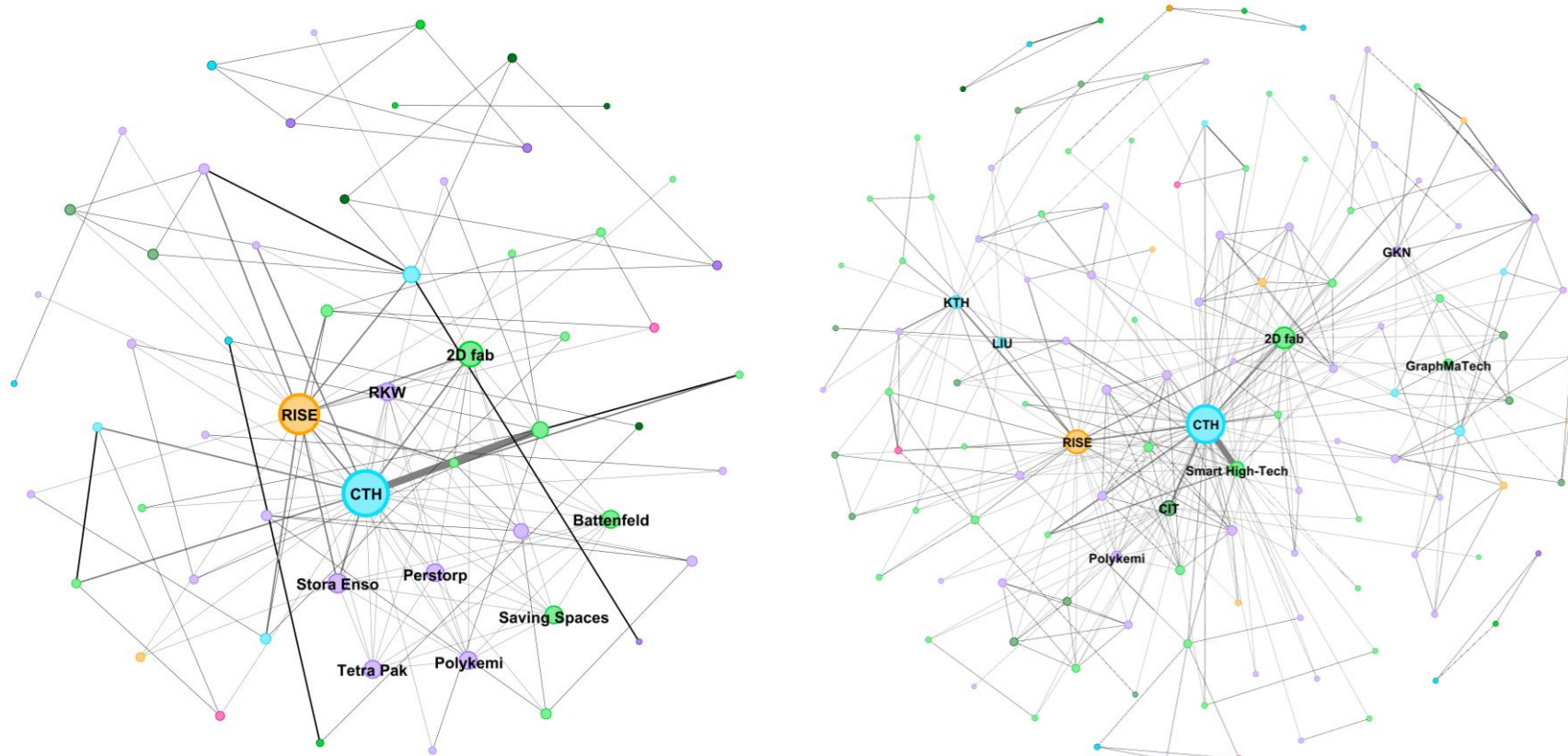
Social nätverksanalys kan användas för att belysa olika slags relationer i nätverk och i detta fall samarbete i Fol-projekt.⁴⁸ Figur 33 visar samarbetsmönstren under de första tre respektive de första sex åren med utgångspunkt i antalet deltaganden i ett och samma Fol-projekt för par av aktörer (vilket inte ska sammanblandas med hur mycket finansiering en viss aktör har erhållit eller bidragit med, se avsnitt 2.5). Storleken på cirkarna indikerar antal aktörer som en aktör har samarbetat med, inbördes läge illustrerar hur central aktören är i nätverket och tjockleken på strecken är proportionerlig mot antal samarbeten mellan aktörerna. Analysen ger också information om hela nätverkets egenskaper. Figuren illustrerar att projektdeltagandet framför allt har breddats väsentligt under den andra treårsperioden. Antalet noder, d.v.s. aktörer, har ökat från 58 under den första treårsperioden till 127 under hela sexårsperioden. Antalet länkar, d.v.s. projektdeltagande för (unika) par av aktörer, har ökat från 135 till 346. Detta speglar att fler aktörer numera bedriver Fol inom området, vilket även har lett till en kraftig ökning av antalet samarbeten mellan aktörerna. Det har i sin tur resulterat i att nätverkets densitet har halverats under hela sexårsperioden i förhållande till den första treårsperioden. Detta är naturligt givet att deltagande aktörer mer än dubbleras under motsvarande period och att antalet möjliga parvisa samarbeten ökat betydligt för varje enskild aktör.

I genomsnitt har varje aktör samarbetat med 4,7 andra aktörer (organisationsnummer) under de första tre åren, och 5,5 aktörer under de första sex åren. Det betyder att samtidigt som antalet aktörer har ökat och nätverket med tiden har vuxit samarbetar aktörerna med något fler andra aktörer. Om vi ser till antalet samarbeten totalt, inklusive återkommande samarbeten mellan aktörer, har varje aktör i genomsnitt samarbetat 5,5 gånger under de första tre åren och 6,6 gånger under de första sex åren. Det är dock värt att notera att tre organisationer har haft över 30 unika samarbeten med andra aktörer under den första sexårsperioden: Chalmers (64), RISE (37) och 2D fab (33).

Figur 33 visar även i vilken omfattning olika aktörstyper (färgerna på cirkarna) deltar samt vilka de tio organisationerna med flest unika samarbeten är. Chalmers, RISE och 2D fab är alltså de aktörer som har flest unika samarbeten, men också flest totalt sett, och de har haft motsvarande nyckelroller under både den första treårs- och hela sexårsperioden. Nätverksanalysen indikerar att dessa tre aktörer tycks ha en något mer framträdande roll än vad som framgår av fördelningen av offentliga medel (jmf. Figur 10) och medfinansiering (jmf. Figur 11).

⁴⁸ Som tidigare noterat innefattar vår definition av Fol-projekt genomförbarhetsstudier, det som SIO Grafen kallar "Fol-projekt" och IoD-projekt.

Figur 33 Samarbetsmönster i Fol-projekt under de första tre (vänster) respektive de första sex (höger) åren.⁴⁹



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

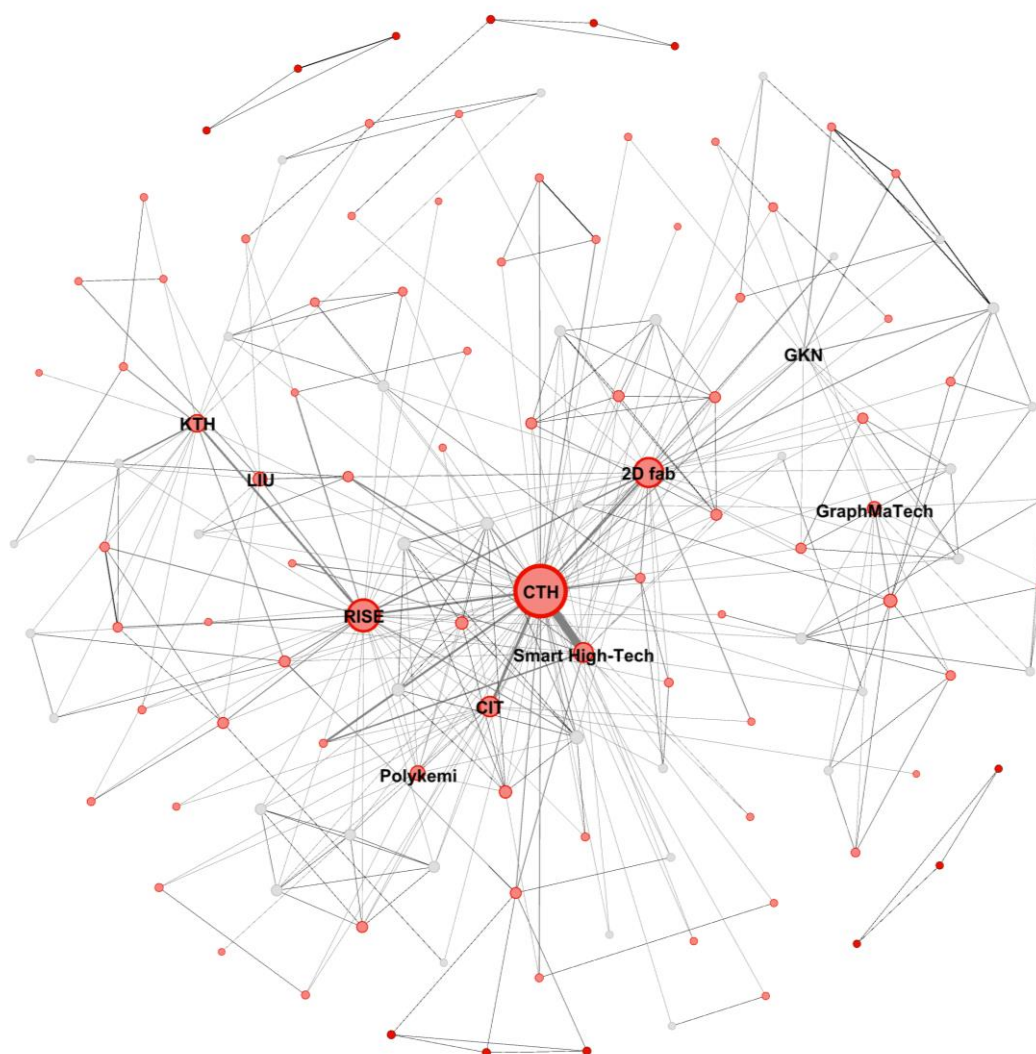
⁴⁹ Färg indikerar aktörstyp. Lila: stort företag; ljusgrön: SMF; blå: UoH; orange: institut; rosa: offentlig org.; mörkgrön: andra.

Tabell 3 Aktörstypers andel av hela Fol-nätverket under de första tre respektive sex åren.

Färg	Aktörstyp	Andel av nätverket under de första 3 åren	Andel av nätverket under de första 6 åren
Lila	Stort företag	41 %	39 %
Ljusgrön	SMF	29 %	34 %
Blå	UoH	12 %	9 %
Orange	Institut	3 %	6 %
Rosa	Offentliga organisationer	3 %	2 %
Mörkgrön	Andra	10 %	11 %

Källa: Vår analys av data från Vinnova.

Figur 34 Samarbetsmönster i Fol-projekt under de första sex åren.⁵⁰



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

⁵⁰ Röd färg indikerar svensk aktör, grå färg utländsk aktör. Nationaliteten utgår från koncernmoders adress.

Vidare visar analysen av Figur 33 att det har skett vissa förändringar avseende vilka tio organisationer som har flest unika samarbeten för hela sexårsperioden jämfört med för den första treårsperioden. Bland annat har ett stort företag (GKN) tillkommit medan fyra försvunnit, CIT har en betydligt större roll (fjärde flest antal unika samarbeten), tre UoH har tillkommit (KTH, LIU och UU), ett SMF finns inte längre med medan två andra (Smart High-Tech och GraphMaTech) har tillkommit.

Tabell 3 sammanfattar aktörstypernas andelar av det totala nätverket i Fol-projekt. I motsats till Figur 33 säger tabellen inget om antal samarbeten i Fol-projekt utan endast om antalet unika aktörer i nätverket. Tabellen visar att nätverket främst består av stora företag följt av SMF, och att andelen institut och SMF har ökat.

Figur 34 visar samarbetsmönstret i Fol-projekt under de första sex åren (alltså nätverket till höger i Figur 33), men nu med angivande av om aktören har sitt huvudkontor i Sverige (röd cirkel) eller i utlandet (grå cirkel). Figuren visar att nätverket i allt väsentligt är svenskkontrollerat.

5.1.2 Nationell kraftsamling och mobilisering

Föregående avsnitt visade att antalet unika aktörer i projekt och antal unika samarbeten ökat kraftigt, vilket indikerar att programmet bidragit till en mobilisering och till en nationell kraftsamling av aktörer. Som tidigare nämnts har Chalmers och RISE flest antal unika samarbeten och är av denna anledning viktiga för att få in nya aktörer till programmet. Utvärderingen ser det dock som positivt att fler FoU-utförare från andra delar av Sverige fått en allt mer framträdande position i programmet, vilket sannolikt ökar möjligheterna att bredda deltagandet ytterligare (i geografisk mening).

Många intervjuer ger en samstämmig bild av att innan SIO Grafens etablerades fanns inget sammanhängande ekosystem för grafen i Sverige, även om det fanns forskare inom området och ett fåtal företag som arbetade med grafen. I intervjuer med företagsrepresentanter framkommer tydligt deras behov av att samla områdets aktörer för att stimulera till möten och samarbeten mellan dessa och för att etablera det svenska grafenområdet. Aktörerna ger en samstämmig bild att såväl tvärsektorielt samarbete som samarbete mellan företag i en potentiell värdekedja utgör viktiga fundament för att utveckla tillämpningar med grafen.

Sedan starten har programmet arbetat med att identifiera och samla områdets aktörer samt utbilda nya aktörer (se kapitel 2), vilket resulterat i att nätverket vuxit. Intervjupersoner från flera aktörskategorier anser att SIO Grafens förmåga att samla områdets aktörer varit programmets viktigaste bidrag. I intervjuer framgår även att programmets uppsökande verksamhet har bidragit till att skapa nya projektkonstellationer för såväl redan etablerade som nya aktörer inom området. Sakexperterna konstaterar att SIO Grafen har bidragit till att involvera många fler aktörer i grafenrelaterad Fol och att resultaten av detta är imponerande jämfört med Sveriges grannländer. Vidare menar sakexperterna att programmet är utmärkt organiserat för att det ska vara tillgängligt och attraktivt för företag och att det sannolikt är programmets mest betydelsefulla bidrag. Sakexperterna anser även att samverkan mellan FoU-utförare och företag är den ultimata formen för att utveckla grafentillämpningar ur ett långsiktigt perspektiv, och att programmet bidrar till att föra samman och bilda forskningskluster inför projektansökningar. Sammanfattningsvis är sakexperternas utlåtanden i linje med annan empiri (se kapitel 3 och 4).

I intervjuer vittnar flera grafenleverantörer om att programmet haft stor betydelse för deras företag. De menar att programmet är viktigt dels för att etablera kontakter med potentiella partners, dels för att delfinansiera projekt som de annars inte haft råd att genomföra. Några företrädare för grafenleverantörer nämner att programmet möjliggjort för dessa företag att samlas och ta fram strategier kring gemensamma utmaningar. Denna samverkan har resulterat i etableringen av

intresseorganisationen Swedish Graphene Suppliers Alliance. Sakexperterna konstaterar att det finns betydligt fler grafenleverantörer i Sverige än i landets grannländer, och de menar vidare att programmet skapat förutsättningar för det genom att mobilisera dessa företag.

5.1.3 Förnyelse

I intervjuer med företrädare för programmet och andra intervjupersoner samt av sakexperternas bedömning framträder bilden att SIO Grafens främsta bidrag är dess effekter på systemnivå. Det finns en stor enighet i att programmet har bidragit till att skapa ett svenskt ekosystem för grafen från grunden, i vilket aktörer med kompletterande kompetenser finns samlade. Det har i sin tur bidragit till kompetensutveckling av såväl befintliga som nya aktörer inom området och lett till förnyelse av grafenområdet. Sedan tidigare aktiva inom området, såsom grafenforskare och grafentillverkare, har vidareutvecklat sin (grafens)kompetens och ökat förståelsen för hur företag vill kunna använda grafen. Företag och forskargrupper som är nya inom området har å sin sida byggt upp en grundläggande kunskap om grafen som ökat deras förståelse om hur materialet i praktiken kan användas. Området tycks dock fortfarande vara förhållandevis nyfikenhetsstyrt, vilket inneburit att det är förhållandevis få engagerade individer hos företag som är potentiella användare av grafen.

Den samlade enkät- och intervjuempirin visar att programmet stimulerat till nya samarbeten mellan aktörer samtidigt som det finansierar projekt inom ett förhållandevis riskfyllt område, vilket tillsammans accelererat teknikutvecklingen inom grafenområdet (i Sverige). Detta illustreras bland annat av att programmet finansierar fler projekt på högre TRL än tidigare samt att många projekt resulterat i följdprojekt med såväl svensk som internationell (del)finansiering.

Ur den samlade empirin gör vi bedömningen att programmets strategiska insatser, såsom framtagande av agendor, identifiering av styrkeområden, författande av färdplaner samt strategiworkshops, har satt kursen för en svensk grafensatsning. Det har sannolikt signalerat till grafenintresserade aktörer inom vilka områden som grafen har som störst potential, och på så vis lett till en mer fokuserad och sammanhållen svensk grafensatsning. I linje med detta resonemang nämner sakexperterna att Sverige som ett litet land inte kan konkurrera inom områden där stora länder (såsom Kina) är starka. De menar vidare att Sverige därför behöver ett "specialistkunnande" för att vara internationellt konkurrenskraftigt.

Både sakexperter och intervjupersoner från såväl företag som FoU-utförare menar att framgångsrika produktexempel behövs för att öka tilltron för grafen, vilket de menar leder till att fler företag vågar testa och använda materialet. Det finns flera exempel på produkter och demonstratorer från programmets projekt (se avsnitt 3.3). För att få fler företag att våga satsa på grafen framhålls även betydelsen av programmets strategiska projekt som syftar till att få fram standarder för grafen.

Graphmatech

Graphmatech AB utvecklade 2017 ett innovativt och miljövänligt sätt att utnyttja potentialen av grafen. Det patenterade materialet Aros Graphene hindrar grafen från att klumpa ihop sig vid storskaliga tillämpningar vilket möjliggör fullskalig och kostnadseffektiv implementering av materialet inom många olika industrisektorer. Denna form av grafen framställs på ett hållbart sätt genom separatorer bestående av joniska föreningar som lägger sig mellan grafenflingorna och skapar en slags lagerstruktur som förhindrar agglomeration. Materialet delar grafenets egenskaper både två- och tredimensionellt och möjliggör att det både kan användas inom exempelvis beläggningar och 3D-printningar. Vidare har Graphmatech sedan framtagandet av Aros Graphene medverkat i diverse projekt hos SIO Grafen och samverkat med olika aktörer för att hitta nya tillämpningsområden och mer högpresterande samt miljövänliga produkter. Bland annat inom batteriteknik, additiv tillverkning, sensorer och komposit. Till exempel undersöker ABB, Graphmatech, RISE KIMAB och Tikkurila Sweden med finansiering från SIO Grafen hur det innovativa materialet kan bidra till förbättrat korrosionsskydd då det blandas i skyddsbeläggningar.

Karakterisering och standardisering

Ett strategiskt projekt för ökad samhällsnytta som SIO Grafen genomförde handlade om karakterisering och standardisering. Målet var att sammanställa metoder för att karaktärisera grafens egenskaper samt vilka aktörer som kan genomföra detta med bakomliggande syfte att lägga grunden för fortsatt svenskt standardiseringsarbete kring grafen. Via diverse nätverkande, workshops och möten diskuterades ämnet från olika perspektiv av personer med olika bakgrund och kompetens. Detta resulterade i att förslag på standardiseringsplattformar togs fram och att målet med projektet på så vis uppfylldes. Färdigställda datablad med serviceleverantörer sammanställdes även för att underlätta för svenska aktörer att komma i kontakt med aktörer som kunde hjälpa dem att utföra diverse metoder inför olika projekt. Denna grund för svenskt standardiseringsarbete underlättar på så sätt nätverkande och tydliggör viktiga parametrar för grafen, dess metoder och vilka som kan erbjuda sådana tjänster i Sverige.

Ytterligare ett projekt "Standardisering och *best practice* för nya nanomaterial – fallstudier nanocellulosa och grafen" genomfördes av SwedNanoTech, SIS, RISE och CIT för att utveckla arbetet med svenska standarder för grafen samt bedriva påverkansarbete i det internationella standardiseringsarbetet kring grafen. Projektet finansierades inom ramen för Vinnovas regeringsuppdrag kring standardisering och hade som syfte att stötta upp grafennätverket genom att kartlägga behov hos svenska företag samt utföra en gap-analys gentemot existerande standarder med fokus på grafen och nanocellulosa. Konsortiet undersökte möjligheter att skapa en ny struktur som möjliggör för företag att påverka standardiseringsarbetet inom sitt specifika område för att kunna möta tillväxtföretagens behov samt SIS:s affärsmodell. Resultat blev att en teknisk kommitté för grafen startades hos SIS som fortsatt arbetar med standardiseringsfrågor runt grafen.

Det finns flera standarder (eller främst tekniska specifikationer) kring grafen, den första kom 2016. Sedan 2019 är även en ISO-standard på plats för grafen.

Round Robin-projekt: Karakterisering och kvalitetssäkring av grafenmaterial

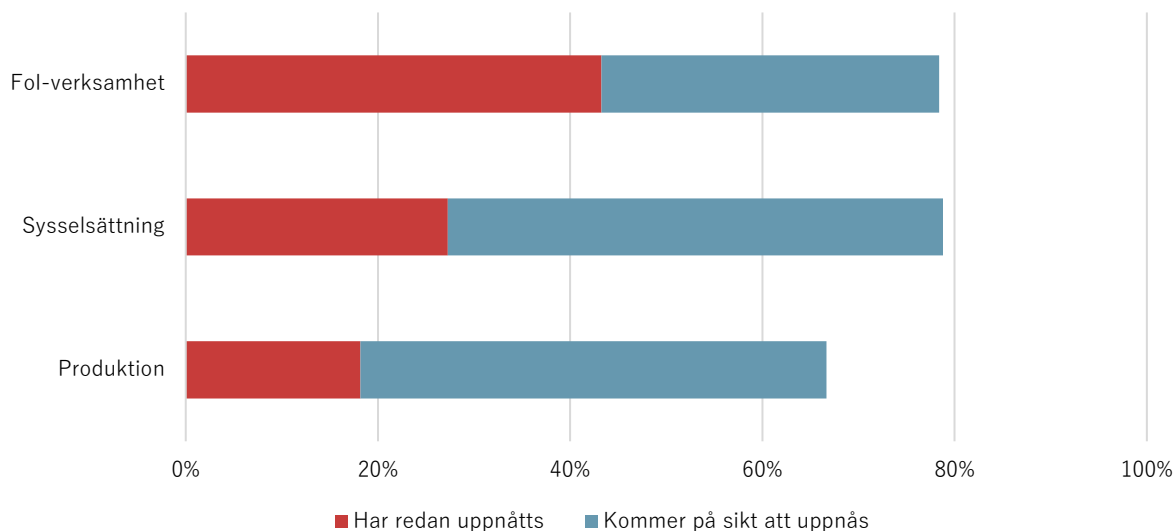
Round Robin-projekt har genomförts i två omgångar för att underlätta kvalitetssäkring av grafenmaterial. Den första omgången år 2018 hade fokus på att öka medvetenheten kring kvalitetssäkring av grafenmaterial, på förmågan att analysera materialet och på att säkerställa bättre beskrivning av databladerna hos nätverkets aktörer. Fortsättningsprojektet 2019 lade fokus på fortsatt arbete med karakteriseringsmetoder och att utvärdera metoderna för användning inom industrin. SIO Grafen har dessutom erbjudit karakteriseringscheckar till aktörer som arbetar med grafen med syfte att öka kunskapen inom det svenska nätverket kring karakterisering av grafen. Bakomliggande tanke med checkarna var att en öppen databas skulle byggas upp över kvalitetssäkrat grafenmaterial. Detta skulle öka medvetenheten och kunskapen om olika karakteriseringsmetoder av grafen för svenska analysleverantörer och samtidigt utvärdera metoderna för användning inom industrin. På så sätt skulle kvalitetssäkringen kunna öka samtidigt som arbetet underlättades och i sin tur leda till att materialproducenter bättre kan beskriva sina material i datablad.

5.2 Effekter på samhällsnivå

Givet grafenområdets natur är samhällseffekter från programmet avhängiga grafenområdets utveckling i stort, det vill säga vilka av grafens egenskaper som kan nyttjas av företag på ett kostnadseffektivt sätt. Förväntan är stor bland projektdeltagare att de undersökta, utvecklade och i vissa fall framtagna grafentillämpningarna kommer att bidra till positiva ekonomiska och miljömässiga samhällseffekter. Genom att använda grafen förutses nya och förbättrade produkter och processer kunna tas fram som på sikt kan bidra till sänkta kostnader, ökad export och omsättning. Många intervjuade företrädare för företag framhåller att användning av grafen även kan ha positiva effekter på miljön, exempelvis då det ersätter annat mer miljöfarligt material, ökar en produkts livslängd, eller att grafen möjliggör teknisk utveckling som kan användas för att förbättra miljön. De samhällseffekter som utvärderingen redan nu identifierat avser främst sysselsättning och i vissa fall ökad omsättning för företag.

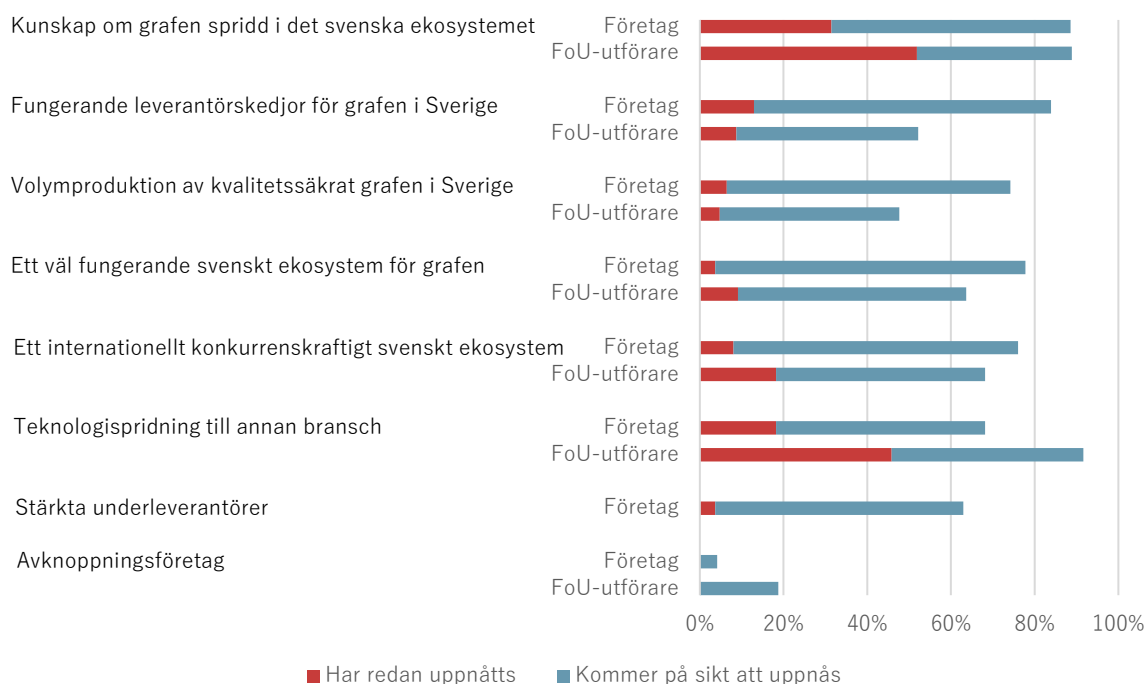
I enkäten tillfrågades företagsrespondenterna om vilka långsiktiga effekter på samhällsnivå som projekten har bidragit eller kommer att bidra till för det egna företaget. Som framgår av Figur 35 är enkätrespondenterna optimistiska till att sådana effekter ska uppstå, men förväntar sig att det framförallt kommer att ske på sikt. Omkring 40 procent anger att projekten redan har bidragit till bibehållen eller utökad FoU-verksamhet i Sverige för det egna företaget. Av intervjuer framgår att svenska företag med nätverk, kunskap och kompetens om grafen är attraktiva samarbetspartners och väcker nyfikenhet hos andra företag. Sannolikt är detta även fallet för svenska verksamheter inom globala koncerner, vilket på så vis utgör argument för att bedriva FoU-verksamhet i Sverige. Både intervjupersoner från företag och sakterna betonar att det för svenska aktörer är viktigt att utveckla grafenkompetens och ett *know-how* för att vara konkurrenskraftiga, eftersom det oftast är dyrt att producera i Sverige. Att en lägre andel företagsrespondenter anger att projekten har bidragit eller kommer att bidra till bibehållen eller utökad produktion beror på att en större andel valt alternativet "Ej tillämpligt", än för de två andra alternativen.

Figur 35 Effekter för det egna företaget av dess deltagande i FoU-projekt på bibehållen eller utökad FoU-verksamhet, sysselsättning och produktion i Sverige (n=37).



Källa: Webbenkät.

Figur 36 Effekter bortom den egna organisationen av deltagande i FoU-projekt (n=35 för företag, n=27 för FoU-utförare).



Källa: Webbenkät.

I enkäten tillfrågades respondenter från såväl företag som FoU-utförare om vilka effekter som projekten bidrar till bortom den egna organisationen, se Figur 36. Denna fråga utformades delvis utifrån SIO Grafens programlogik, och det är viktigt att poängtera att enkätrespondenterna enbart ombetts att uttala sig om deras eget projekts bidrag till dessa effekter. Som framgår bedöms projekten främst bidra till sådana effekter på sikt, vilket sannolikt beror dels på effekternas system- och samhällskaraktär, dels på att flera projekt ännu pågår. Närmare hälften av respondenterna från

FoU-utförare och en tredjedel av företagsrespondenterna anger att projekten redan har bidragit till att kunskap om grafen spridits i det svenska ekosystemet utanför projektkonsortiet. Utöver att projekten ska ta fram en plan för resultat- och kunskapsspridning och presentera på programkonferensen, framgår det i intervjuer att det tycks ske ett informellt erfarenhetsutbyte mellan projekt inom nätverket, bland annat vid träffar och aktiviteter som programmet arrangerar. Närmare hälften av enkätrespondenterna från FoU-utförare och en femtedel av företagsrespondenterna anger att projekten har bidragit till teknologispredning till andra branscher. Detta är troligen en effekt av att FoU-utförare ofta samarbetar med företag från olika branscher och att de som bärare av kunskap sprider denna från en bransch till en annan.

En klar majoritet av enkätrespondenterna från både företag och FoU-utförare bedömer att projekten antingen har bidragit eller kommer att bidra till såväl ett välfungerande som ett internationellt konkurrenskraftigt svenskt ekosystem, och merparten av dem bedömer att detta främst kommer att ske på sikt. Detta reflekterar troligtvis enkätrespondenternas insikt i att projekten har begränsade möjligheter att bidra till detta på egen hand, men att de som delmängd i projektportföljen på sikt kommer ha positiva effekter för det svenska ekosystemet.

Företagsrespondenterna är mer positiva än enkätrespondenterna från FoU-utförare till projektens förväntade bidrag till fungerande leverantörskedjor i Sverige. Denna skillnad beror troligtvis på att projektdeltagare från företag överlag har större insikt för att bedöma vilka företag som behöver ingå i en leverantörskedja. Ur intervjuerna framträder bilden av att projekten bidrar till att identifiera och skapa potentiella leverantörskedjor. Samtidigt vittnar flera om att det i vissa leverantörskedjor saknas deltagande från svenska storföretag som potentiell slutanvändare. Såväl saks experter som intervjupersoner menar att det för vissa leverantörskedjor i högre utsträckning behövs deltagande av utländska företag. Vidare bedömer omkring sex av tio företagsrespondenter att deras projekt redan bidragit eller på sikt kommer att bidra till stärkta underleverantörer för företaget. Det indikerar att många företag förväntas inkludera sina underleverantörer i utvecklingen av grafentillämpningar.

Tre av fyra enkätrespondenter från företag och omkring hälften av FoU-respondenterna anger att deras projekt antingen redan bidragit eller på sikt kommer att bidra till volymproduktion av kvalitetssäkrat grafen. Av intervjuerna framgår att tillgången till kvalitetssäkrat grafen är ett industriellt behov. Det är därför sannolikt de företag som tänkt använda grafen som agerar kravställare att materialet är av tillräcklig kvalitet.

Ingen enkätrespondent anger att projektet resulterat i bildandet av ett avknopningsföretag, men däremot menar några få att detta kan komma att ske på sikt. Intervjuerna förstärker denna bild, och flera framhåller att det förs diskussioner om möjliga avknoppningar, framförallt från universitet.

5.3 Bidrag till uppfyllelse av effektmålen för SIP-satsningen

Satsningen på Strategiska innovationsprogram har fem effektmål som SIO Grafen förväntas bidra till uppfyllelsen av. Vi har valt att sammanfatta vår bedömning av SIO Grafens bidrag till dessa fem effektmål utifrån den samlade empirin. Vår övergripande reflektion är att programmets bidrag till samtliga mål är avhängigt av att företagen på sikt anser det lönsamt att använda grafen.

Stärkt hållbar tillväxt

Tre av fyra företagsrepresentanter anger i enkäten att projektet redan bidragit eller på sikt kommer att bidra till ökad omsättning. Figur 9 visar att 61 projekt förväntas bidra till det globala hållbarhetsmålet *Hållbar industri, innovation och infrastruktur* och 34 projekt till målet om *Hållbar konsumtion och produktion*. Flera företag utvecklar tillämpningar i SIO Grafen-projekt där grafen ersätter annat mer miljöfarligt material eller ökar produktens livslängd. Dock har endast 3 procent av den offentliga finansieringen gått till projekt som av de sökande klassats som tillhörandes

behovsområde miljö (se Figur 7). Sakexperterna bedömer att det starka samarbete mellan FoU-utförare och företag som finns i många projekt är positivt och kan bidra till hållbar tillväxt i en verklig grafenindustri. De menar vidare att det är positivt att många projekt har en tydlig koppling till hållbarhet, men att det vore positivt med ännu fler miljöinriktade projekt. Vår bedömning är att SIO Grafens bidrag till detta mål kan bli mycket stort, men att fler projekt med uttalat miljöfokus skulle öka programmets bidrag ytterligare.

Stärkt konkurrenskraft och ökad export för svenskt näringsliv

Omkring nio av tio FoU-respondenter och fyra av fem företagsrespondenter uppskattar att deras projekt redan bidragit eller kommer att bidra till ökad internationell konkurrenskraft för den egna organisationen, och sex av tio företagsrespondenter att detsamma gäller för deras affärsdrivande underleverantörer. Lite fler än sex av tio företagsrespondenter gör bedömningen att deras projekt antingen bidragit eller på sikt kommer att bidra till ökad export för det egna företaget. I kapitel 3 redovisade vi att företagen har höga förväntningar om att projekten på sikt kommer att bidra till implementering av nya material, substanser eller tekniker och introduktion av nya varor, tjänster eller processer. Intervjuempirin och sakterna bekräftar bilden av att programmet förväntas bidra till ökad eller bibehållen konkurrenskraft och export för svenska företag. Sammantaget bedömer vi att programmets bidrag till detta mål har potential att vara mycket stort.

Att göra Sverige till ett attraktivt land att investera och bedriva verksamhet i

Svenska företag är överlag internationellt konkurrenskraftiga och i förhållande till landets storlek finns många framstående grafenforskare och -tillverkare, vilket innebär att det finns stor potential för Sverige att vara attraktivt för företag att bedriva verksamhet i. Det finns en utbredd insikt om att det är viktigt att samla områdets aktörer så att dessa enklare kan finna varandra. I detta avseende har programmet fyllt en avgörande funktion då det stimulerat till fler möten och samarbeten som i sin tur bidrar till kompetensutveckling (se kapitel 5). Utvärderingen visar att vissa svenska aktörer har blivit kontaktade av utländska aktörer om möjliga samarbeten inom området. Allt detta bidrar till att Sverige förbättrar sin attraktionskraft inom ett eftertraktat men riskfyllt område. Såväl sakterna som intervjupersoner verifierar denna bild. Vår sammantagna bedömning är att programmet har mycket stor potential att bidra till detta mål.

Hållbar samhällsutveckling som tryggar försörjning, välfärd, miljö- och energipolitiska mål

Som tidigare nämnt förväntas 61 projekt bidra till det globala hållbarhetsmålet *Hållbar industri, innovation och infrastruktur* och 34 projekt till målet som avser *Hållbar konsumtion och produktion*. Omkring fyra av fem företagsrespondenter bedömer att deras projekt redan bidragit eller på sikt kommer att bidra till bibehållen eller utökad sysselsättning i Sverige, och närmare sju av tio till bibehållen eller utökad produktion i Sverige. Som tidigare konstaterats har endast en liten andel offentliga medel gått till projekt inom behovsområdet miljö (3 procent), men desto mer till energiförsörjning (13 procent) som är det näst största området. Sakexperterna konstaterar att många projekt berör stora samhällsutmaningar samtidigt som att det här finns stor potential att skapa arbetstillfällen. Sammantaget kan programmets bidrag till detta mål bli stort.

Skapa förutsättningar för hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar

De konstateranden avseende aktiviteter och insatser rörande hållbarhet och för att närma sig miljö- och energipolitiska mål som tidigare framförts är även relevanta här. Sakexperterna konstaterar att energiteknologins utveckling är central för detta mål samtidigt som det råder tuff konkurrens från utländska aktörer inom området. De menar därför att det är viktigt att svenska aktörer samarbetar med stora redan etablerade utländska aktörer. Utmaningarna kopplade till detta mål är såväl omfattande som globala, och programmets bidrag i sammanhanget är därför sannolikt väldigt litet.

6 Programmets roll och anpassningsförmåga

I kapitel 6 analyserar vi först SIO Grafens roll i innovationssystemet och därefter hur programmet anpassar sig till förändringar i omvärlden. Kapitlet bygger främst på enkäter, intervjuer och sakkexperternas rapport.

6.1 Roll i innovationssystemet

SIO Grafen har hittills varit det enda program i Sverige med fokus på innovation om grafen och andra 2D-material. Programmet är öppet för alla att delta i. Både intervjupersoner och sakkexperter framhåller att programmet är unikt och centralt för grafenområdets utveckling i Sverige genom att det samlar både redan etablerade och nya aktörer med intresse för grafen. Programmets strategiska projekt fokuserar på gemensamma utmaningar som skapar möjligheter för innovation, som standardisering, karakterisering och kartläggningar av olika slag.

Programmets närhet till Flagg skeppet, som koordineras av Chalmers, innebär att programmet genom personunion får insyn i det internationella forskningsfältets utveckling. Därtill har programmet återkommande "grafenunder" tillsammans med representanter för Flagg skeppet, vilka skapar möjligheter till lärande och överhörning. SIO Grafen har under hösten 2020 blivit ett så kallat *partnering project* till Flagg skeppet.⁵¹ Som *partnering project* får programmet ta del av Flagg skeppets resultatspridning, visa upp demonstratorer och prototyper på Flagg skeppets hemsida samt på utställningar, delta i nätverks- och utbildningsaktiviteter, möjlighet att samverka med Flagg skeppets aktörer samt få delta i kartläggningar och planering av Flagg skeppets aktiviteter.⁵² Programmet uppmuntrar även sina egna aktörer till att ansöka om att bli *associated members*. Flagg skeppet är till skillnad från SIO Grafen en sluten satsning, vilket gör att konsortiet äger resultaten. SIO Grafen kan därmed ha en viktig roll i resultatspridning för att ytterligare locka aktörer till materialområdet. Utöver Flagg skeppet finansieras även genom FLAG-ERA grafenprojekt med deltagare från olika länder vars deltagande huvudsakligen finansieras av respektive land. De tekniska framsteg som projekt inom SIO Grafen bidrar till kan därmed tas vidare och skalas upp på europeisk nivå när det finns behov. Dessa möjligheter upplyser SIO Grafen sina aktörer om.

På nationell nivå kommer det nya kompetenscentrumet 2D-Tech sannolikt att bli en viktig aktör som fokuserar på grundforskning genom att finansiera längre projekt och utbildning av doktorander. SIO Grafens programchef är adjungerad i 2D-Techs styrelse, och vice versa för 2D-Techs centrumföreståndare, vilket bör möjliggöra för de båda satsningarna att hitta sina respektive roller och anpassa verksamheterna till varandra för att realisera synergier.

Även andra SIPar är av betydelse. SIO Grafen har bland annat haft en gemensam utlysning och en workshop tillsammans med LIGHTer om hur grafen kan användas inom lättviktsområdet och även ge möjlighet för aktörer att knyta nya kontakter. Programmet har också ingått i ett testbäddsprojekt tillsammans med LIGHTer, Innovair och Metalliska material, och haft workshops med Smartare Elektroniksystem där nuläget för grafenelektronik och produkter har presenterats och diskussioner förts mellan olika aktörer om potentiella projekt.

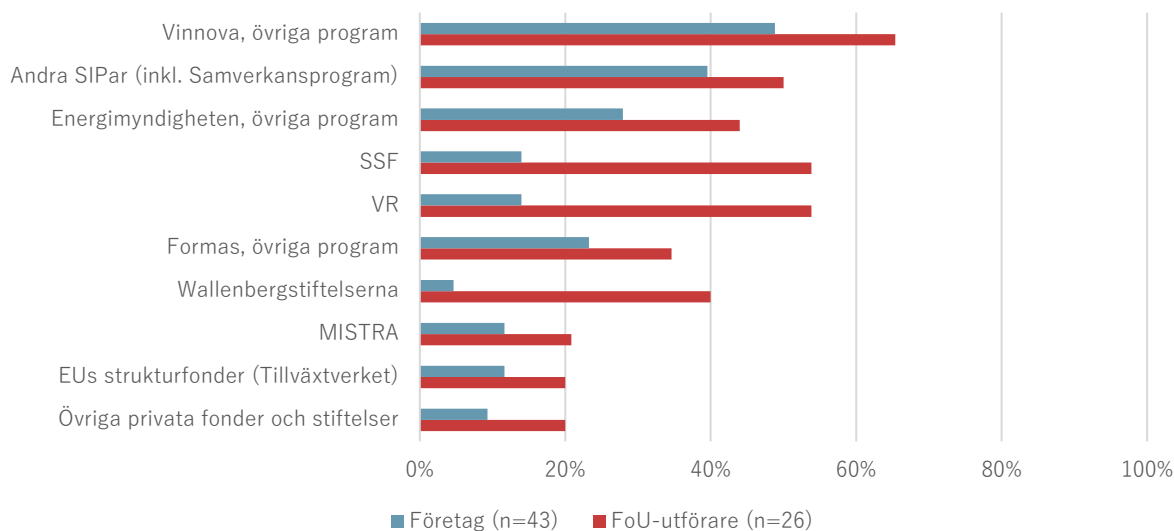
Figur 37 visar enkätrespondenternas bedömning av vilka svenska finansörer och program som är betydelsefulla för den egna organisationen. Figuren visar de tio högst rankade finansörerna sorterade efter medelvärdet av svaren. Vinnovas övriga program inklusive andra SIPar är centrala

⁵¹ Vid rekommendationsseminariet framgick att programmets ansökan om att bli ett *partnering project* till Flagg skeppet har beviljats.

⁵² <https://graphene-flagship.eu/partnering-mechanisms-under-horizon-2020>

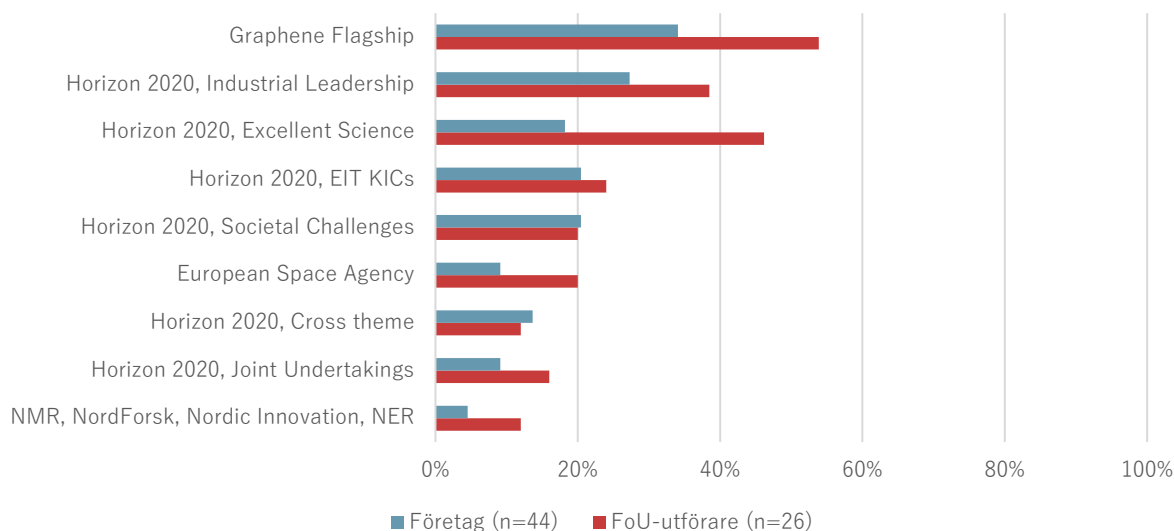
för såväl företag som FoU-utförare, men även Formas och Energimyndigheten är betydelsefulla finansiärer. SSF, VR och Wallenbergstiftelserna som är mer inriktade på grundforskning är mer betydelsefulla för FoU-utförare än för företag.

Figur 37 Andel av respondenter som anser att svenska finansiärer och program är betydelsefulla för den egna organisationen.



Källa: Webbenkät.

Figur 38 Andel av respondenter som anser att internationella finansiärer och program är betydelsefulla för den egna organisationen.



Källa: Webbenkät.

Figur 38 visar enkätrespondenternas värderingar av internationella finansiärerna. Som förväntat är Flaggskeppet den mest betydelsefulla finansiären, följt av Horizon 2020 och dess olika delprogram. Nordiska finansiärer är endast i liten utsträckning relevanta. Internationella finansiärer anses i lägre grad vara betydelsefulla än nationella där en förklaring som majoriteten av intervjupersonerna som

deltagit i EU-projekt har givit är att EU-projekt ofta är administrativt tyngre och inte har samma smala fokus.

6.2 Anpassning till en föränderlig omvärld

Programmet kännetecknas enligt både intervjupersoner och saks experter av flexibilitet, lyhördhet och anpassningsförmåga. Aktiviteterna anpassas efter omvärldsförändringar och behov från en bred skara av aktörer. Programmet utvecklar och justerar verksamheten löpande baserat på projektuppföljningen och omvärldsbevakningen vilka utgör grund för det strategiska arbetet så att det anpassas till förändringar i omvärlden. Omvärldsbevakningen består av veckovis bevakning av grafennyheter, *research intelligence* två gånger per år där en fördjupning sker inom årets forskningsnyheter, samt sammanfattningar av relevanta konferenser – vilka sprids till nätverkets aktörer (se kapitel 2).

I och med agendauppdateringen 2018 anpassades och ompaketerades styrkeområdena utifrån erfarenheterna från första programperioden och de omvärldsförändringar som skett, se avsnitt 2.2. Som tidigare nämnts fokuserade utlysningarna till en början på att locka aktörer och låta dem testa sig fram, vilket ledde till många genomförbarhetsstudier och projekt på förhållandevis låga TRL för ett innovationsprogram. Allteftersom området aktörsbas har vuxit och både kunskap och kompetens har utvecklats har utlysningarna anpassats. Exempelvis skapades insatsformen IoD-projekt utifrån aktörernas behov av att utveckla demonstratorer och prototyper i verklig miljö. Programmet arbetar dock fortsatt med breda utlysningar som omfattar olika insatsformer och styrkeområden, då det fortsatt anses viktigt att verka öppet och tillgodose olika aktörers behov.

Allteftersom ett ekosystem med allt fler företag har etablerats har de strategiska projekten anpassats efter detta. Tidigt fokuserade programmet på att attrahera och medvetandegöra aktörer genom en *roadshow* där programmet presenterade möjligheter med materialet samt finansieringsmöjligheter, en rapport om immaterialrättigheter för grafentillämpningar samt genomförande av innovationstävlingar. Efter att aktörerna och området har utvecklats har projekten anpassats till att stötta företag, stimulera grafentillverkning, utveckla strategier för branschen samt att arbeta med standardisering och karakterisering. Programmet har exempelvis tagit fram färdplaner för respektive styrkeområde där möjligheter, behov, hinder, förutsättningar och status inom området har kartlagts, samt genomfört projektet Round Robin i två omgångar där analys- och karakteriseringsmetoder har utvärderats i syfte att öka kunskapen hos analysleverantörerna. Ytterligare ett exempel på hur programmet har reagerat på omvärldsfaktorer var karakteriseringscheckar med vilka företag gavs möjlighet att karakterisera det grafen som användes för att på så sätt motverka osäkerhet vid inköp av grafen och dessutom bidra till ett lärande om karakterisering. Resultaten från dessa checkar blev öppna. Söktrycket till dessa checkar var däremot lågt varför programmet så småningom lade ner denna insats.

Ett hinder för grafens utveckling är avsaknaden av standardiserad grafen. I en skrivelse från regeringen beskrivs hur standardisering är ett viktigt horisontellt instrument för konkurrenskraft som har stor betydelse för bland annat produktsäkerhet och hållbar utveckling. Att vara delaktig i och påverka arbetet med att ta fram standarder är nödvändigt för att samhällets krav på säkerhet, effektivitet och hållbar utveckling ska kunna tillgodoses.⁵³ Programmet har arbetat för att införa standarder för grafen och andra 2D-material. Bland annat har det genomförts ett projekt kring standardisering med SIS, RISE, CIT och SwedNanoTech med medverkan av svenska

⁵³ Regeringens skrivelse 2007/2008:140, "Standardiseringens betydelse i en globaliserad värld", tillgänglig på: <https://www.regeringen.se/contentassets/97f6f55fc4894f788e2a05a3369ac394/standardiseringens-betydelse-i-en-globaliserad-varld---en-sammanfattning>



grafenleverantörer. Projektet som finansieras inom ramen för Vinnovas regeringsuppdrag syftar till att ta fram arbetssätt för svenska standarder inom nya tekniska områden samt bedriva påverkansarbete i det internationella standardiseringsorganet International Organization for Standardization (ISO). SIS har genom projektet skapat en särskild grafengrupp, se kapitel 2.

7 Programmets ändamålsenlighet, måluppfyllelse och additionalitet

7.1 Ändamålsenlighet

Utvärderingen visar att kombinationen av valda insatser och aktiviteter är relevanta och speglar programmets målsättningar och vision. Sakexperterna uttrycker i sin rapport att SIO Grafen grundades i rätt tid sett till var den globala grafenforskning befann sig vid programmets start. De bedömer även att programmets organisation, genomförda aktiviteter och insatser är ändamålsenliga och valda med omsorg givet programmets kontext, agenda och effektmål. De framhåller särskilt följande aktiviteter: *business case*-workshopar, kvalitetskontroll som inbegriper stöd och fri tillgång (*open access*) till karakteriseringsdata, internationalisering, stöd för IP-hantering (*Intellectual Property*), och testbäddsprojektet LIGHTest.

Programmets projektportfölj utgår från industriella behov, vilket såväl sakexperterna som programmets deltagare menar är viktigt sett till programmets inriktning och vision. Sakexperterna bedömer att projekten i portföljen håller hög kvalitet baserat på det urval av projekt som de har tagit del av. De bedömer att projekten ofta har en rimlig sammansättning av aktörer, och medverkar gör relevanta Sverigebaserade organisationer samt aktörer med kompletterande kompetenser (som exempelvis företag med olika roller inom leverantörskedjan och relevanta FoU-utförare).

Enligt sakexperterna är det svårt att avgöra vilken typ av projekt en grafensatsnings projektportfölj bör domineras av för att vara ändamålsenlig. Det gäller för satsningen (SIO Grafen i det här fallet) att avgöra huruvida fokus bör vara på (korta) projekt om lågrisk tillämpningar (på mellanhöga TRL) som ligger nära marknaden, eller på (långa) projekt med högre risk (på lägre TRL) som är längre ifrån marknaden men potentiellt mer disruptiva. Sakexperterna konstaterar att programmets projektportfölj domineras av projekt som avser lågrisk tillämpningar, såsom smörjmedel, korrosion, betongtillsatser, kompositser och beläggningar. Samtidigt finns det inslag av projekt som syftar till mer radikala och möjligen systemiska förändringar. En fördel de framhäver med att ha en dominans av projekt med lågrisk tillämpningar är att de bidrar till att på kort sikt få fram kommersiella framgångsexempel som kan locka fler aktörer till programmet och grafenområdet. Däremot kan en större andel projekt med högrisk tillämpningar, som har potential att vara mer disruptiva, potentiellt bidra till fler effekter på samhällsnivå. Programmet har även att förhålla sig till kompetenscentrumet 2D-Tech som kommer att fokusera på längre projekt på lägre TRL, se Figur 1. Den redan nu etablerade överhörningen mellan satsningarna är viktig för att säkerställa att de kompletterar varandra snarare än överlappar.

Att programmet erbjuder olika insatsformer (genomförbarhetsstudier, Fol-projekt och IoD-projekt, se avsnitt 2.2) är betydelsefullt för programmets aktörer, i synnerhet för företagen, vilket är i linje med vad som initialt avsågs. Flera intervjupersoner berättar att de olika insatsformerna fyller olika funktion. I genomförbarhetsstudier kan aktörerna ta reda på vad som krävs för ett fullödigt projekts genomförande och undersöka projektidéns potential på basis av tidiga resultat. Detta bedöms vara av vikt då det är riskfyllt att bedriva projekt inom grafenområdet eftersom det är ett relativt omoget område. Därefter finns möjlighet att genomföra Fol- och IoD-projekt och vidareutveckla en projektidé från ett teststadium till ett förkommersiellt stadium. Möjligheten att kunna ta projektet från ett teststadium till ett förkommersiellt stadium har flera av de vi intervjuat framhåvt, eftersom det skänker såväl programmet som den egna Fol-verksamheten trovärdighet. Både intervjupersoner och sakexperter menar att dessa insatsformer, givet den trovärdighet de för med sig, har potential att locka fler aktörer till programmet (särskilt de större företag som i dagsläget inte deltar) och flera företrädare från företag vill att programmet ökar antalet Fol- och IoD-projekt framgent.

Att SIO Grafen arbetar med breda utlysningar inom sex styrkeområden menar såväl sakexperter som intervjupersoner är ändamålsenligt. De konstaterar att programmet hittills har varit betjänt av

upplägget, då det bidragit till samtidig uppbyggnad av kritisk massa inom flera områden. Sakexperterna betonar dessutom att programmet på ett passande sätt modifierat styrkeområdena under programmets gång. De är positiva till att tillverkning av grafenmaterial ryms inom programmet, även om de konstaterar att relativt få projekt som de bedömt arbetar med tillverkning av grafenmaterial från naturliga biprodukter (som tex. cellulosa, lignin och bioavfall). Likväl uppmärksammar de att det har genomförts betydligt färre projekt i styrkeområdet bioteknik än inom övriga styrkeområden, vilket framgår i kapitel 2. Eftersom programmet arbetar med breda utlysningar som omfattar alla styrkeområden kan programmet inte stimulera till att antalet genomförda projekt inom ett visst område ökar. Därför skulle det framgent kunna vara en god idé att antingen överväga riktade utlysningar eller att ytterligare modifiera styrkeområdena. De bedömer dessutom att om det inom något av SIO Grafens styrkeområden finns potential för att ta fram produkter med betydande marknadsvärde borde finansiering till detta område stärkas.

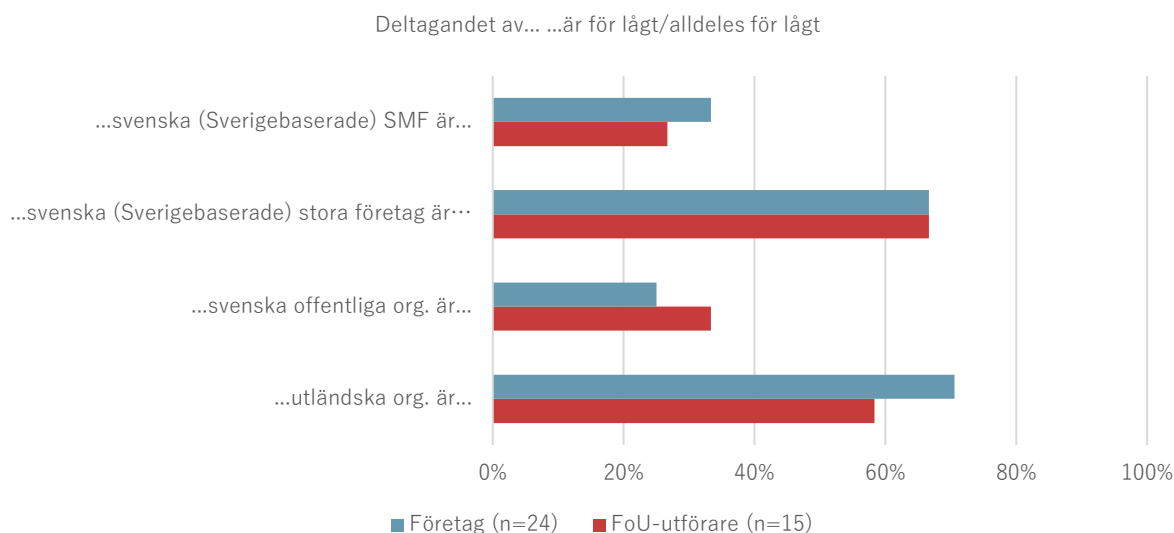
Programkontoret och styrelsen arbetar mycket strategiskt och styr verksamheten med hjälp av programlogiken och agendan. Behovsinhämtningen sker bland annat genom workshops, arbetsgrupper, företagsbesök (via den uppsökande verksamheten), samt i nära kontakter med programmets aktörer och andra aktörer som programmet identifierat kan ha nytta av att använda grafen. Genom framtagandet av färdplaner för programmets styrkeområden identifierar programmet fortlöpande de utmaningar som finns för grafenområdets utveckling inom olika sektorer/branscher. Detta strategiska och lyhörda arbetssätt framhålls av såväl sakexperter som av projektdeltagare som en av programmets stora förtjänster. Att programmet därtill har reviderat sin programlogik årligen sedan 2017 – för att på ett adekvat sätt styra mot de övergripande målsättningarna – belyser programmets förmåga att anpassa sig till den snabba utvecklingen inom området (avsnitt 6.2).

Programmet har en kraftsamlande och mobiliserande funktion, där det svenska ekosystemet för grafen har vuxit, och växer, fram med hjälp av programmets aktiviteter och insatser. Under programmets gång har antalet aktörer ökat och aktörsnätverket vuxit sig allt större (se avsnitt 5.1). Här är programkontorets systematiska arbete med att attrahera och involvera nya aktörer i programmet viktigt. Aktiviteter kopplade till aktörsnätverket, utbildningsaktiviteter, identifiering och insamling av behov, och insatser riktade till företag, framför allt till SMF, är några av programmets stora mervärden. Eftersom programmet arbetar brett med att engagera nya aktörer och deras behov ser vi inte att det finns någon betydande risk för inlåsning till vissa aktörers intressen. Däremot finns ett uppdämt behov av att öka involveringen av behovsägare (dvs. svenska storföretag, deras underleverantörer och större materialförädlare) samt att göra engagemanget från medverkande aktörer mindre individberoende i syfte att framöver kunna inhämta behov från en bredare skara aktörer och individer.

Även om programmet redan arbetar med standardisering och karakterisering tyder den samlade empirin på att dessa aktiviteter bör intensifieras. De företagsrepresentanter vi har intervjuat framför att dessa insatser är viktiga eftersom avsaknaden av standarder medför att företagen inte vet vad de får när de köper grafen. I flera fall har detta resulterat i att företag har valt att avsluta sina projekt i förtid och/eller avvaktar med att introducera grafen i sina produkter. Sakexperterna är inne på samma linje och betonar vikten av att programmet fokuserar på att kvalitetssäkra olika grafenmaterial samt att standardisera metoder för kvalitetssäkring och karakterisering. De noterar att det sistnämnda redan är i fokus i SIO Grafens senaste agenda, men understryker att det är viktigt att ord blir till handling. Sakexperterna uttrycker att dessa frågor är något som alla inom grafenområdet brottas med, men att det är här programmet har stor chans att utmärka sig internationellt. Ett stort värde för det svenska grafenområdet vore, menar de, om en kvalitetsstämpel för just svenskt grafen som t. ex. en "Made in Sweden"-märkning kan tas fram då det skulle kunna bidra till det svenska grafenområdets internationella konkurrenskraft.

Figur 39 visar att enkätrespondenterna framför allt önskar ett större deltagande av stora Sverigebaserade företag och utländska organisationer. Denna önskan uttrycks även i intervjuer med representanter för både företag och FoU-utförare och saksakexperterna framhåller att det skulle stärka programmet om deltagandet av dessa aktörer ökar.

Figur 39 Andel av respondenter som anser att olika aktörstypers deltagande i programmet är för lågt.



Källa: Webbenkät.

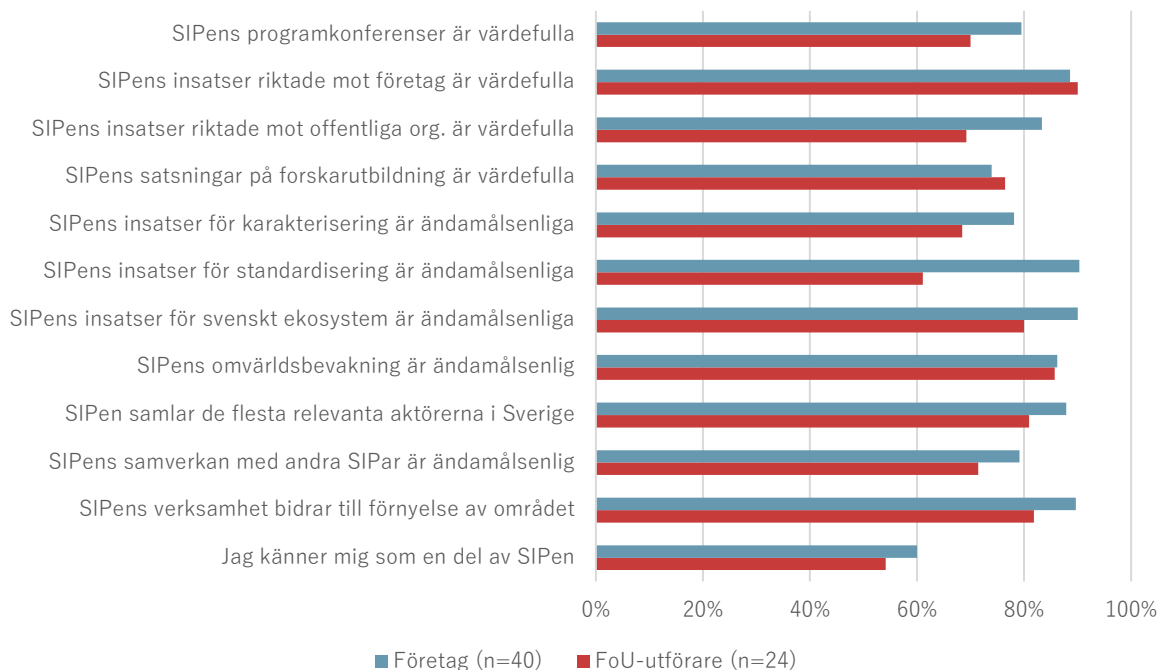
Intervjupersoner och saksakexperter berättar att det är viktigt att få med Sverigebaserade storföretag, deras underleverantörer, och större materialförädlare i projekten. Detta eftersom det skulle fungera som en motor för projekten; genom extra medfinansiering, samt möjliggöra uppskalning av verksamheten och öka programmets trovärdighet. Volvoföretagen och Saab borde ha intresse av att medverka inom flera av programmets styrkeområden, och inom styrkeområdet elektronik borde Ericsson ha intresse av att delta i större utsträckning, bedömer saksakexperterna.

Programmet skulle kunna intensifiera internationaliseringssatsningarna eftersom det har att förhålla sig till ett i allra högsta grad internationellt område, bedömer saksakexperterna. Detta skulle kunna ske dels på projektnivå genom exempelvis gemensamma bilaterala utlysningar (*joint calls*) med nationella program i andra länder – dels på strategisk nivå genom erfarenhetsutbyten med andra liknande satsningar (till exempel med program i Storbritannien, Sydkorea och Kina). De menar att ökad internationalisering också är viktigt för att undvika en inlåsning av aktörerna inom det svenska ekosystemet. En inlåsning som i första hand skulle kunna försvåra rekrytering av utländsk kompetens och import av ny kunskap (*state of the art*-forskning från utländska universitet), och i andra hand kunna försvåra export av grafenprodukter på en europeisk marknad. Företagsrepresentanterna, framförallt de från SMF, betonar därtill vikten av att få kontakt med utländska aktörer som potentiella kunder och leverantörer. De understryker att området växer snabbt och att bolag som arbetar med grafen finns över hela världen.

Slutligen bedömer saksakexperterna att programmet på flera sätt är i behov av en ökad professionalisering inom utbildning, coachning, standardisering och insatser för syntes/tillverkning av material (pilotlinor), samt att eventuellt överväga att skapa en branschorganisation. Detta är överlag i samklang med vad programmets deltagare framför, bortsett från att de flesta uttrycker en nöjdhet med omfattningen av programmets nuvarande projektstöd (se vidare avsnitt 9.2). Utöver det bedömer saksakexperterna att programmet vore betjänt av att initiera så kallade spjutspetsprojekt

– det vill säga öka investeringsnivån för vissa utvalda projekt med potential att göra snabba framsteg inom kritiska områden, och även fler strategiska projekt för att öka aktiviteten kring gemensamma utmaningar för svenska aktörer (som exv. standardisering, karakterisering och immaterialrättsliga frågor). De betonar dock att merparten av de föreslagna professionaliseringssatsningarna är avhängiga ökad finansiering.

Figur 40 Helhetsbedömning av programmet.



Källa: Webbenkät.

Figur 40 illustrerar enkätrespondenternas helhetsbedömning av programmet och innehåller de respondenter som svarat "Instämmer i hög grad" och "Instämmer i mycket hög grad". Figuren ger överlag en positiv bild av programmet. Insatserna riktade mot företag anses vara värdefulla. Även programmets omvärldsbevakning, bidrag till förnyelse av området, insatser för det svenska ekosystemet och engagemang av de flesta relevanta aktörerna i Sverige uppfattas vara värdefullt. Framförallt företagsrepresentanterna är nöjda med SIO Grafens insatser för standardisering – även om intervjuutsagor, enkäternas fritextssvar och saksakernas utsagor pekar på att programmet skulle kunna öka insatserna på standardisering och karakterisering. Skillnaden i bedömning är mest troligt en konsekvens av att företagen har ett större behov av dessa insatser och är därigenom mer positiva till att dessa genomförs. Lite mer än hälften av respondenterna uppger att de känner sig som en del av SIPen, vilket förefaller rimligt givet programmets storlek. En intervjuperson från ett företag understryker betydelsen av kvalitetssäkringsarbetet:

Arbete med kvalitetssäkring är viktigt, speciellt i början när man inte riktigt vet vad man får, och att då ha en oberoende organisation som SIO Grafen som kan stötta upp och initiera de insatser som behövs är särskilt viktigt.

Att programmets omvärldsbevakning är värdefull framhåller flera intervjuade. Representanter för såväl företag som för FoU-utförare beskriver att de gärna tar del av sammanställningarna av forskningsnyheter och att informationen har kunnat nyttjas i den egna verksamheten. Samtidigt påtalar saksakerna och en del grafentillverkare att ytterligare bevakning med en mer

marknadsmässig inriktning är något programmet skulle kunna överväga framöver. De eftersöker en bevakning av det internationella näringslivet; vilka aktörer som finns på marknaden och vad de gör.

I programmets treårsutvärdering listades ett antal styrkor och svagheter samt åtta rekommendationer till programmet, se avsnitt 2.2. Rekommendationerna har programmet i allt väsentligt tagit hand om. Baserat på den samlade empirin, inklusive programmets handlingsplan, kan vi konstatera följande avseende i vilken utsträckning som rekommendationerna har efterlevts:

1. SIO Grafen har fortsatt sitt arbete med att identifiera inom vilka grafenbaserade områden Sverige har potential att bli internationellt framstående, och i samband med uppdateringen av agendan reviderades programmets styrkeområden. Programmet har via sin omvärldsbevakning god beredskap inför kommande strukturförändringar så att insatser kan styras till de områden där störst potential finns. Detta behandlas återkommande under workshoppar och uppdateringar av programlogik och agenda
2. Programmets arbetssätt möjliggör att aktörer ges möjlighet att delta och påverka innehållet i utlysningarna, framför allt genom workshoppar och stödfunktionen för aktörsnätverket
3. SIO Grafen har en jämställdhetspolicy för den egna organisationen, och har i samråd med Vinnova tagit fram en handlingsplan för att förbättra programmets verksamhet ur ett genusperspektiv. Vid tidpunkten för utvärderingen är den framtagna handlingsplanen helt implementerad i verksamheten. Jämställdhetsarbetet är fortsatt gott, men ambitionsnivån skulle kunna höjas, vilket vi diskuterar i avsnitt 9.3
4. SIO Grafen har sedan 2018 infört uppföljningsbara mål och delmål i programlogiken för att underlätta analys av projektportföljens utveckling. Programlogiken revideras årligen, och programmet använder den som ett verktyg för att styra och se över verksamheten
5. SIO Grafen har fortsatt arbetet med att identifiera utmaningar som finns för områdets utveckling, exempelvis genom enskilda projekt; Karaktäriseringscheckar grafen och Round Robin som adresserar utmaningar kopplat till bl.a. avsaknad av standarder
6. Programmet har tagit viktiga steg i att närma sig Flagg skeppet och möjliggöra uppväxling av insatserna från Flagg skeppet på en nationell nivå (det har bl.a. resulterat i en ansökan, som beviljades i oktober 2020, om att bli ett *partnering project* till Flagg skeppet) och verkar för att initiativen ska komplettera varandra. Dessutom har programmet fortsatt kontakt med andra strategiska innovationsprogram (bl.a. SIP LIGHTer, SES, Metalliska material och Innovair) för erfarenhetsutbyten och synergier
7. SIO Grafen uppdaterar kommunikationsplanen årligen, men har än så länge inte i någon högre utsträckning riktat in kommunikationsaktiviteterna mot allmänheten
8. Programmet har etablerat ett mer systematiskt projektstöd som hanterar såväl projektspecifika som gemensamma utmaningar

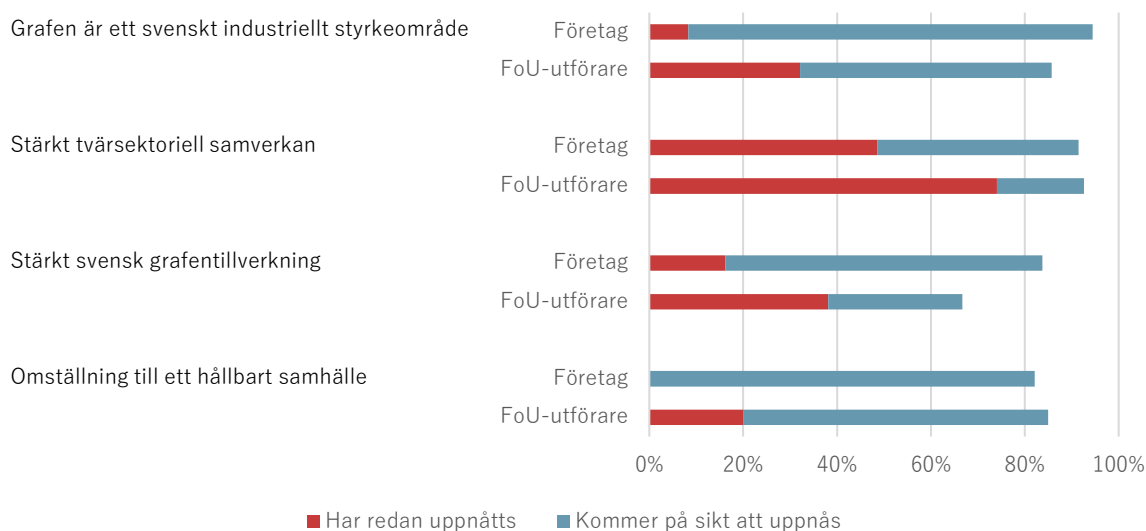
7.2 Måluppfyllelse

I programmets programlogik identifieras flera aktiviteter och resultat som ska leda fram till kortsiktiga och långsiktiga effekter. Dessa ska i sin tur bidra till programmets fyra övergripande effektmål, de övergripande målen för SIParna och programmets övergripande vision, se avsnitt 2.2. För att bedöma huruvida programmet är på väg att nå de övergripande effektmålen har vi gått igenom programlogiken (som återfinns i Bilaga E), de förväntade resultaten per 2020 (och tillhörande nyckeltal), samt de förväntade effekterna på kort sikt (2025) och på långre sikt (2030).

En övergripande reflektion gällande programmets måluppfyllelse är att programmet – tack vare dess strategiska styrning och systematiska uppföljning – strävar mot de högt ställda målen på ett

passande sätt. Delmålen är generellt sett välformulerade, relevanta, konkreta och mätbara. Bland programmets deltagare finns en stor förväntan om att effektmålen kommer att nås, även om måluppfyllelsen i regel förväntas uppnås först på sikt, vilket framgår av Figur 41.

Figur 41 Andel av respondenter som anser att organisationens FoU-projekt bidrar till uppfyllelse av programmets effektmål (n=47 för företag, n=32 för FoU-utförare).



Källa: Webbenkät.

Vad gäller de förväntade resultaten för 2020 gör vi den samlade bedömningen att programmet genomför tillräckliga aktiviteter för att resultaten i hög utsträckning ska bidra till att programmet i hög grad är på väg att nå de övergripande effektmålen *Grafen är ett svenskt styrkeområde* och *Stark tvärsektoriell samverkan*. För *Stark svensk grafentillverkning* gör vi den samlade bedömningen att programmet är på väg att nå effektmålet, förutsatt att en del justeringar i insatser/aktiviteter görs. Effektmålet *Grafen stödjer omställning till hållbart samhälle* tillkom under 2019 och därför finns det inga resultatmål att bedöma för 2020.

Grafen är ett svenskt industriellt styrkeområde: Baserat på vår utvärderingsempiri kan vi bland annat konstatera att SIO Grafen redan nu har bidragit till att det finns ett starkt svenskt aktörskivet ekosystem för grafen, att det finns flera demonstratorer, att det finns grafenprodukter på marknaden, att företagen bedriver FoU-aktiviteter samt att en rad patentansökningar och patent har realiserats, se avsnitt 3.3, samt kapitel 4 och 5. Dessa resultat förväntas på sikt bidra till *att grafen och grafenprodukter bidrar till att öka svenska företags konkurrenskraft* och *att det svenska ekosystemet har en hög internationell synlighet och attraktivitet*, vilka i sin tur förväntas bidra till det övergripande effektmålet *Grafen är ett svenskt styrkeområde*. Således gör vi bedömningen att SIO Grafen i hög grad är på väg att nå det övergripande effektmålet. Däremot vore programmet förtjänt av att intensifiera sina insatser för internationalisering och att öka engagemanget från svenska storföretag för att ytterligare stärka måluppfyllelsen på sikt, vilket framgår av 7.1.

Stark tvärsektoriell samverkan: Vi kan konstatera att flera svenska företag redan har etablerat relationer med (potentiella) kunder och att grafenföretag är attraktiva för investerare (se avsnitt 5.1, 5.2 och 5.3). Det pågår FoU-projekt med både svenska och utländska parter med FoU-finansiering från EU (Flaggskeppet och H2020) (se avsnitt 3.3, 4.2 och 4.3). Programmet genomför aktiviteter som stödjer kunskapsöverföring mellan aktörstyper och mellan aktörer i värdekedjor (se kapitel 3, 4, 5). Därtill har programmet genomfört aktiviteter tillsammans med andra SIPar (se avsnitt 6.1).

Dessa resultat och effekter förväntas på kort sikt bidra till delmålen *att det svenska ekosystemet för grafen är attraktivt och ändamålsenligt för relevanta aktörer, att kunskapsutveckling och kunskapsspridning inom nätverket fungerar, att det finns fungerande leverantörskedjor som säkrar grafenanvändning i produkter, samt att medverkande företag är attraktiva och bidrar till sysselsättning*. Att delmålen gradvis uppfylls förväntas i sin tur bidra till att det övergripande effektmålet *Stark tvärssektoriell samverkan* realiseras. Således kan vi konstatera att SIO Grafen i mycket hög grad är på väg att uppnå sina mål även här.

Stark svensk grafentillverkning: Vi bedömer att programmet genomför tillräckliga aktiviteter för att vara på god väg att nå detta mål. Det finns redan nu grafenföretag i Sverige och flera projekt syftar till att etablera grafentillverkning i industriell skala och på samarbete mellan grafentillverkare och -användare. För att måluppfyllelsen ska säkerställas behövs ytterligare satsningar på standardisering, kvalitetssäkring och karakterisering, se 7.1. Även om det är viktigt att ha realistiska föreställningar om vad en enskild SIP kan åstadkomma bedömer vi att programmet har en god chans att göra ett betydande avtryck inom dessa områden.

Grafen stödjer omställning till hållbart samhälle: Vi har inte gjort någon bedömning av detta effektmål eftersom det tillkom först 2019. Däremot framkommer både i intervjuer med representanter för FoU-utförare och företag samt i sakterperternas rapport att flera projekt i programmets projektportfölj adresserar miljöaspekter och bidrar till Agenda 2030, se Figur 9.

Utvärderingen visar alltså att SIO Grafen är på god väg att nå sina mål och därigenom närma sig den övergripande visionen om att *Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen*.

Sammanfattningsvis konstaterar sakterperterna att:

Vi tror att Sverige, bland annat tack vare SIO Grafen, kommer att nå målet om att det i Sverige ska finnas en livskraftig grafenbaserad industri.

7.3 Additionalitet

En satsnings additionalitet eller mervärde kan beskrivas som vad satsningen har tillfört jämfört med om den inte hade genomförts. Här ingår även mervärdet med att bedriva satsningen som en SIP och inte i annan form.

Utvärderingen visar att SIO Grafens additionalitet framför allt består av att programmet har bidragit till en kraftsamling och mobilisering av aktörer och uppbyggandet av ett ekosystem för grafen i Sverige. Programmets kraftsamlande roll har bidragit till att ett svenskt ekosystem har vuxit fram. Antalet aktörer ökar kontinuerligt och programmet säkerställer att de bjuds in att delta i programmets insatser och aktiviteter, framför allt genom riktade insatser mot företag. Vi bedömer således att utan programmets systematiska arbete med att på olika sätt attrahera och involvera aktörer i programmet hade antalet aktörer med grafenrelaterad Fol-verksamhet sannolikt inte varit så stort som det är idag, se avsnitt 6.1 och 7.1 samt Bilaga D.

Därtill har programmet frigjort privata investeringar genom att programmet delfinansierat projekt som inte hade genomförts utan delfinansieringen. Exempelvis anger 73 procent av företagsrepresentanterna, i enkäten, att deras Fol-projekt inte hade genomförts utan offentlig delfinansiering av SIO Grafen. Intervjupersoner från företag bekräftar detta, och förklarar att avsaknaden av delfinansiering från SIPen hade lett till att deras Fol-satsningar inom grafenområdet hade fått stå tillbaka till förmån för finansiering av andra (mindre riskfyllda) utvecklingsprojekt.

Programmet har faciliterat en sammanhållen strategisk inriktning för det svenska grafenområdet genom dess omsorgsfullt valda aktiviteter, insatser och, välavvägt modifierade, styrkeområden.



Intervjuerna ger vid handen att det har varit betydelsefullt att det funnits en fokuserad grafensatsning som samlar viktiga aktörer. Vi bedömer att detta har bidragit till en effektivisering av svensk grafenforskning, med mindre dubbelarbete och mer ändamålsenliga kompletterande aktiviteter. I vissa av programmets styrkeområden har kritisk massa börjat byggas upp inom en rad viktiga tillämpningsområden. Detta gäller särskilt de styrkeområden med mest aktivitet, i vilka aktörer samarbetat i flera olika projektkonstellationer och därmed kunnat dela erfarenheter från tidigare projekt, se kapitel 3, 4 och 5, samt avsnitt 7.1.

Programmet har också skapat förutsättningar för grafen som svenskt styrkeområde som annars inte funnits. Framför allt för att det är tillgängligt och attraktivt för företag i Sverige, i och med att det minimerar riskerna kopplat till FoU-verksamhet inom (det omogna) området. Sakexperterna konstaterar i sin rapport att Sverige har goda förutsättningar för att etablera en stark position inom området jämfört med de nordiska grannländerna. SIO Grafen har även skapat förutsättningar för etablerandet av kompetenscentrumet 2D-tech, och därutöver stärkt CTH som navet i svensk grafenforskning, samt underlättat svenskt deltagande i EUs ramprogram och Flaggskeppet.

Programmet har en unik position och kontakt med Flaggskeppet, något som ytterligare kan intensifieras nu när programmet har blivit ett så kallat *partnering project* till Flaggskeppet. Det skapar viktiga synergier eftersom kontakterna och överhörningen bidrar till att SIPens aktörer (och även programmet) får goda chanser till relevant omvärldsbevakning, möjligheter till uppväxling och internationell exponering. Sakexperterna framhåller denna unika möjlighet och betonar att det är viktigt att SIO Grafen håller sig uppdaterat om Flaggskeppet och dess förehavanden.

Därutöver har SIO Grafen bidragit till etablerandet av en gruppering av grafentillverkare i Swedish Graphene Suppliers Alliance. Våra intervjuer med grafentillverkare visar att programmet i flera fall har varit centralt för uppkomsten av den egna verksamheten. Programmet har skapat viktiga förutsättningar för etablering och uppskalning av verksamheten genom offentlig delfinansiering och kontakt med potentiella partners, kunder och leverantörer. Därtill framhåller flera grafentillverkare att programmet har bidragit till deras internationella synlighet, vilket är betydelsefullt för såväl exportmöjligheter som för ytterligare FoU-samverkan. Sakexperterna bedömer dessutom att Sverige på sikt skulle kunna profilera sig inom effektiv och miljövänlig framställning av grafen.

8 Programmets bidrag till radikala eller systemiska förändringar

Det här kapitlet svarar på utvärderingsfråga 14, "I vilken utsträckning är ambitionen att bidra till radikala eller systemiska förändringar?" Den är utvärderingsteamets egen, tillfogad för att bidra till myndigheternas policylärande. Kapitlet är i viss mån fristående från övriga delar av rapporten, och avsikten är att det ska kunna läsas någorlunda fristående från andra kapitel. (Utvärderingsfrågan, och således innehållet i detta kapitel, ligger inte till grund för Beställarens beslut om programmets fortsatta finansiering.)

Med radikal eller systemisk förändring avses något som i grunden förändrar till exempel marknader, branscher, innovationssystem, affärsmodeller eller produktionssystem. Typiskt innebär det undanträngning av etablerade tankesätt, teknologier, organisationsformer, infrastruktur eller motsvarande. Begreppet "innovation" ska här tolkas i vid bemärkelse: det kan handla om såväl teknologier som arbetssätt, kunskapsflöden, affärsmodeller med mera. Ofta är en samhällsutmaning inblandad, exempelvis klimathot, miljöförstöring, åldrande befolkning, antibiotikaresistens eller begränsade naturresurser (mat, vatten, energi, råvaror). Perspektivet utgår från vad som i forskningen kallas *transition studies* och teknologiska innovationssystem.⁵⁴

8.1 Programmets kontext

SIO Grafen syftar till att åstadkomma en nationell kraftsamling och gemenskap inom grafenområdet genom att föra samman företag och FoU-utförare för att utveckla grafentillämpningar. Visionen är att Sverige ska vara ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen 2030. Programmets fokuserar på sex styrkeområden: bioteknik, energi, elektronik, komposit, tillverkning och ytbeläggning inom vilka svenska aktörer bedöms ha förutsättningar att bli internationellt konkurrenskraftiga. Programmet samlar företag från flera branscher och olika delar av sina värdekedjor samt forskare från flera vetenskapliga discipliner. Företagen innefattar material-, komponent-, systemtillverkare/-utvecklare och i vissa fall slutanvändare. Således omfattar programmets aktörer hela kedjan från framställning och tillverkning av grafen till utveckling av slutprodukter. Vissa värdekedjor är kompletta med enbart aktörer från Sverige, medan andra behöver kompletteras med utländska aktörer. Bland företagen finns förhållandevis nystartade utvecklingsbolag med endast några få anställda, SMF, lite större företag som ofta är underleverantörer till stora företag, samt svenska storföretag med flera tusen anställda. Grafentillverkare har i förhållande till sina få antal anställda en nyckelroll inom programmet, både sett till antal projektdeltaganden och fördelning av medel. Vidare ingår många företag från tillverknings- och utvinningsindustrin i programmet (se Figur 14).

Grafenområdet är som tidigare nämnts ungt och SIO Grafen har ingen direkt föregångare i Sverige även om SSF och VR tidigare hade finansierat enstaka projekt. Däremot var Chalmers koordinering av Flaggskeppet en förutsättning för SIO Grafens tillkomst (se kapitel 2 för utförligare bakgrundsbeskrivning av programmet).

Utvärderingen visar att företagen ofta har behov extern FoU-kompetens och -infrastruktur som finns hos UoH eller institut. Genom sin dominans inom grafenområdet är Chalmers en nyckelaktör för att tillgodose dessa behov, men även RISE med dess mer tillämpningsnära inriktning har ingått i många

⁵⁴ En nyckelreferens inom *transition studies* är Geels, F. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33 (6–7), ss. 897–920 och en inom teknologiska innovationssystem är Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. och Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy*, 37 (3), ss. 407–429.

Fol-samarbeten (se avsnitt 5.1.1). Chalmers och RISE är således nyckelaktörer i programmet. Därtill medverkar SIO Grafen i testbäddsprojektet LIGHTTest tillsammans med några andra SIPar,

Eftersom grafenområdet spänner över flera områden och branscher ser såväl utmaningar som behov olika ut för företagen i programmet. Utvärderingen kan dock identifiera några gemensamma utmaningar:

- Tillgång till nätverk av aktörer längs värdekedjan: I och med grafenområdets ungdom är det svårt att identifiera och knyta kontakter med andra aktörer längs värdekedjan, såväl andra företag som FoU-utförare. Samarbeten längs värdekedjan beskrivs av många företag som avgörande för att utveckla sina påtänkta grafentillämpningar
- Kunskaps- och kompetensutveckling: Eftersom grafenområdet är ungt är kunskapsbehovet stort om såväl grafens positiva egenskaper som materialets begränsningar för att företag ska kunna utveckla grafentillämpningar utifrån rätt förutsättningar
- Tillgång till kvalitetssäkrat grafen: Det är en utmaning för grafenleverantörer att karakterisera sitt material, och för produktutvecklande företag att välja rätt grafenmaterial för sin tillämpning och att säkerställa att materialet håller önskad kvalitet
- Tillgång till kapital: Givet grafenområdets karaktär är det ett förhållandevis riskfyllt område för företag att bedriva Fol inom då det fortsatt finns mycket som man inte känner till om materialet. Därtill har många SMF inom området alltför begränsade finansiella resurser

Överlag tycks företag från olika delar av leverantörskedjan arbeta mot såväl en nationell som en internationell marknad. Svenska storföretag som deltar i programmet har en stor exportandel, men även underleverantörer som utvecklar komponenter och system exporterar till utlandet eller önskar att göra det.

Utvärderingsempirin visar att avsaknaden av standarder för grafen är en av de största utmaningarna för att materialet ska kunna etablera sig. Standardiseringsfrågan tycks främst drivas av företag eftersom de behöver kunna välja rätt slags grafen för en tillämpning och kunna vara säkert på att materialet har de angivna egenskaperna.

8.2 Drivkrafter för förändring

Utvärderingen identifierar att företag först och främst testar på grafen och genomför en satsning på materialet för att vinna konkurrensfördelar. Grafen har många unika egenskaper som tillsammans har potential att samverka för att utveckla bättre och mer konkurrenskraftiga produkter och/eller effektivisera produktionsprocesser. Grafenområdet anses av många företag vara ett förhållandevis riskfyllt innovationsområde eftersom det ännu finns begränsad kunskap om materialet. Samtidigt ser företagen att grafen har stor potential att bidra till konkurrenskraft. Eftersom det är dyrt att driva produktion i Sverige jämfört andra länder är det viktigt att utveckla svensk spetskunskap och -kompetens för att motivera verksamhet och sysselsättning i Sverige. Då grafenområdet ännu är ungt och omoget finns goda möjligheter för svenska företag att positionera sig inom området, särskilt då tillgången till vetenskaplig kompetens på internationellt hög nivå är mycket god i och med Chalmers koordinering av Flaggskapet.

Svenska miljö- och klimatmål är förhållandevis ambitiösa jämfört med många andra länder. Därtill finns en ökad efterfrågan hos kunder att företagens varor ska vara hållbara utifrån ett livscykelperspektiv. Materialval utgör en del av hållbarhetsfrågorna, och fokus har ökat på val av material utifrån ett livscykelperspektiv: från råvaruutvinning, tillverkning och produktion samt

användning och sluthantering av produkten.⁵⁵ Grafen är ett ovanligt lätt material, vilket är en önskvärd egenskap inom de flesta produktsegment då det innebär lägre resursbehov och högre energieffektivitet.⁵⁶ Grafen kan även bidra till att öka produkters livslängd, exempelvis genom ökad hållfasthet och att det används till att förbättra smörjmedel.

8.3 Programmets aktiviteter för att bidra till förändring

SIO Grafens verksamhet grundar sig på den strategiska inriktning som programmet formulerat i sina agendor. Den ursprungliga agendan togs fram 2013, i form av en ansökan för SIO Grafen, och uppdaterades 2018. Under 2020 ska programmet ta fram nästa version av agendan. Sedan 2017 arbetar programmet mycket aktivt med sin programlogik för att styra verksamheten. Programmet har tre slags insatser: strategiska aktiviteter, basaktiviteter och samverkansprojekt. De strategiska aktiviteterna ska förebygga hinder som har identifierats och skapa gemensam kunskap för aktörerna. Basaktiviteterna avser uppbyggnad av ett ekosystem för grafen samt sprida kunskap. I samverkansprojekten utvecklas grafen genom tre olika projektformer: genomförbarhetsstudier samt FoI- IoD-projekt.

Entreprenöriellt experimenterande med nya teknologier, marknader och affärsmöjligheter är inte det som främst kännetecknar programmet eftersom de allra flesta projekt avser inkrementell innovation. Programmets projektfinansiering möjliggör dock för innovation inom ett riskfyllt område, exempelvis ges svenska grafenleverantörer möjlighet att tillsammans med andra aktörer testa inom vilka produktområden grafen kan användas. Aktörerna erbjuds även testbäddsmöjligheter genom programmets deltagande i LIGHTest.

Kunskapsutveckling genom FoI och learning-by-doing utgör en väsentlig del av programmets verksamhet. Samtliga projekt bygger någon form av kunskap och aktörerna lär sig mer om materialet allteftersom de undersöker, testar och arbetar med det tillsammans med andra. Som tidigare nämnts har programmet genom att samla aktörer och stimulera till samarbeten mellan dessa bidragit till kompetensutveckling hos såväl företag som FoU-utförare (se kapitel 5).

Kunskapsspridning genom nätverk är även det centralt inom programmet. Exempelvis sker kunskaps- och erfarenhetsutbyte i projekt mellan parterna och på den årliga programkonferensen presenterar projekten sina resultat. Därutöver anordnar programmet workshops inom utvalda tematiska områden.

Marknadsformering genom att marknader växer fram och formas. Programmet har möjliggjort för att svenska grafentillverkare samlas och kontinuerligt träffas, vilket bidragit till etableringen av intresseorganisationen Swedish Graphene Suppliers Alliance.

Directionality, genom aktiviteter som stimulerar nya innovatörer och indikerar riktningen på den förändring de ska åstadkomma är inte något som i grunden kännetecknar programmet då det främst då den teknikutveckling som sker i projekten främst är av inkrementell karaktär. I de framtagna färdplanerna har det dock tagits fram prioriteringar för respektive styrkeområde.

Legitimering är till viss del något som karakteriserar SIO Grafen eftersom programmet bidragit till att skapa ett nationellt ekosystem för grafen. Med det sagt är det främst inkrementell innovation som bedrivs inom programmet. Vidare är programmets insatser som syftar till att ta fram standarder för grafen något som kan bidra till en ökad tilltro för det nya materialet. Därtill har programmet bidragit till att presentera och demonstrera tillämpningar med grafen från programmets projekt.

⁵⁵ <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-basics>

⁵⁶ <https://www.vinnova.se/e/strategiska-innovationsprogram-lattvikt/>

Skapande av arenor där prioriteringar sätts är något som sker kontinuerligt inom programmet i samband med årsstämman, styrelsemöten, agendaarbete samt programträffar. Vid framtagandet av programmets agenda deltog svenska storföretag i egenskap av slutanvändare och behovsägare.

Skapande av nätverk eller koalitioner mellan aktörer har varit ett prioriterat område för programmet sedan starten. Programmet har aktivt arbetat för att identifiera och samla områdets aktörer i sitt nätverk. Nätverket har successivt växt och antal unika aktörer som deltagit i projekt har mer än fördubblats mellan treårs- och sexårsperioden (se kapitel 5). Att nätverket växt beror bland annat på programmets enträgna kommunikationsarbete, att befintliga aktörer rekommenderat andra att söka sig till programmet samt att materialet blivit alltmer välkänt.

Skapande av visioner för att vägleda aktörernas sökprocesser sker när programmet utvecklar sin agenda och sin programlogik.

8.4 Resultat och effekter i form av systemiska förändringar och radikala innovationer

Utvärderingen konstaterar att det ännu är för tidigt att uttala sig om grafen kommer att få större genomslagskraft eller om det kommer bli ett material i mängden. Eftersom området fortfarande är under uppbyggnad tycks företag prioritera att testa grafen i lågrisktillämpningar framför tillämpningar med högre risk på låga TRL som tar längre tid att utveckla. De flesta aktörer vittnar om att innovationen som deras projekt undersöker avser inkrementella förbättringar av befintliga produkter. Några av dessa vittnar dock om att projektet kan leda till en radikal förändring, exempelvis i ett projekt som utvecklar sensorer integrerade i kompositstrukturen. Användning av grafen i sensorapplikationer som möjliggör en miniatyrisering skulle kunna leda till mer radikala innovationer. Enligt sakkexperterna har de flesta projekt som de bedömt potential att åstadkomma en radikal förändring, men de är noga med att påpeka att de bedömt projektens potential.

Utvärderingen kan inte påvisa att programmets verksamhet i närtid kommer att leda till någon systemisk förändring, Det är dock viktigt att poängtera att det inte heller är programmets uttalade ambition, och företagets prioritet är för tillfället att steg för steg testa materialet och lära sig mer om det utan att ta för stora risker. Programmet har dock samlat många av områdets aktörer och stimulerar på så vis till att skapa nya aktörskonstellationer. Samverkan mellan aktörskategorier är en förutsättning för att mer radikala innovationer tas fram, men samtidigt kan inte detta i sig bedömas vara något radikalt.

9 Programmets effektivitet

9.1 Administrativa processer

Som vi beskrev i avsnitt 2.4.1 är årsstämman SIO Grafens högsta beslutande organ, stämman kan även fatta beslut om *nya* prioriterade styrkeområden och utser styrelsen. Programmets styrelse sammanträder ungefär fyra gånger per år, och fattar främst beslut om utlysningar och styrkeområden. Programkontoret leder den operativa verksamheten och ansvarar för att programmet drivs mot uppsatta mål och den övergripande visionen, genom tex. uppföljning och utvärdering av verksamheten och projektportföljen.

De administrativa processerna ska präglas av öppenhet och likabehandling och programmet har utarbetat rutiner för detta såväl på organisationsnivå som på individnivå. Programmet har i styrdokument uttalade målsättningar om bred representation av styrelserepresentanter utifrån organisationstyp, geografisk hemvist och kön, se avsnitt 2.2.

CIT har flera roller inom programmet, som personal i programkontoret, deltagare i Fol-projekt, deltagare i strategiska projekt och som leverantör av färdplaner. Eftersom programmet tillämpar öppna utlysningar för både Fol-projekt och enskilda projekt där ansökningar bedöms av oberoende bedömare förordnade av Vinnova, råder fri konkurrens mellan ansökningar och aktörer. Inte desto mindre är det viktigt att programmet ger aktörerna full insyn för att säkerställa att CIT inte får – eller upplevs få – konkurrensfördelar i form av större insikt i vad som efterfrågas i utlysningar än vad andra potentiella sökande har. Inget i empirin pekar på att CIT skulle ha haft några otillbörliga konkurrensfördelar, men ett par intervjupersoner påpekar att det finns en principiell risk för att det skulle kunna ske. Denna fråga menar vi att programmet bör ta på allvar och förslagsvis desarmera genom ytterligare öppenhet och tydlighet.

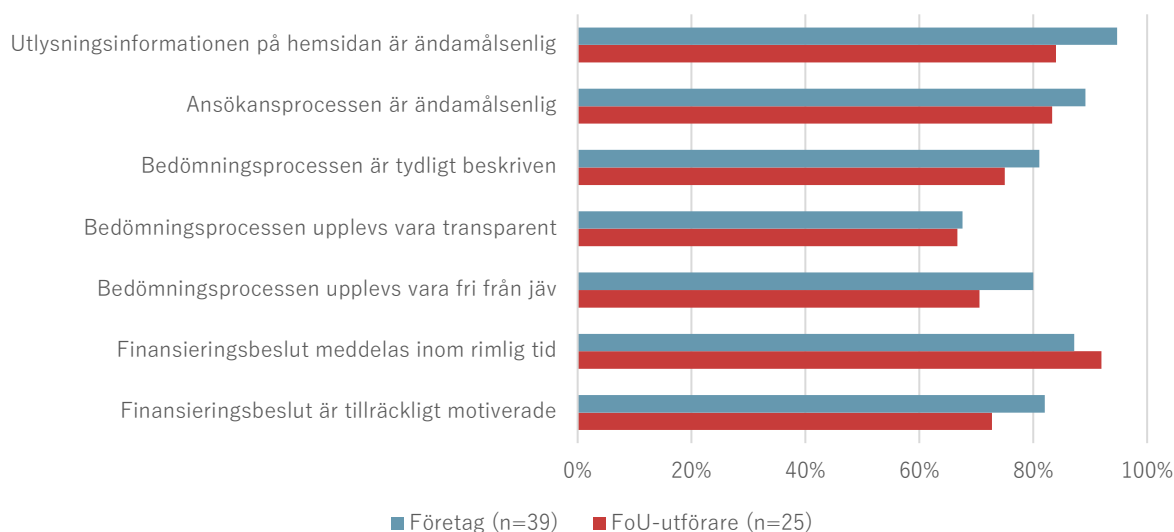
För utveckling av agendan och programlogiken har SIO Grafen tillämpat en transparent process som både involverar programmets aktörer och nya aktörer. Potentiella behovsägare till programmet involveras för att bidra med nya perspektiv från andra branscher och tillämpningsområden. Programmets strategiworkshoppar samt referens- och arbetsgrupper bidrar till såväl agendans som programlogikens utformning, se avsnitt 2.2.

9.2 Deltagarnas perspektiv

Figur 42 visar deltagarnas uppfattningar om Vinnovas administration. Av figuren framgår att utlysningsinformationen som finns på hemsidan uppfattas som ändamålsenlig. Finansieringsbeslut upplevs förmedlas inom rimlig tid och ansökningsprocessen uppfattas som ändamålsenlig. Det finns dock viss förbättringspotential avseende bedömningsprocessens transparens. Här är det emellertid värt att notera att flera intervjuade projektdeltagare nämner att de har begränsad insyn i bedömningsprocessen.

Intervjuerna bekräftar enkätrespondenternas bedömningar. Intervjupersonerna berättar att Vinnovas handläggare är engagerade och vägledande; de bistår projektdeltagare med tillräcklig guidning och är flexibla vad gäller projektens löptid om problem uppstår längs vägen. Däremot betonar några intervjupersoner från företag att bristen på tydliga och utförliga motiveringar till avslag förhindrar deras lärande. Utförligare motiveringar anses vara viktiga eftersom många aktörer inom grafenområdet är ovana vid att arbeta med Fol, vilket även programledningen berättar. Programmet skulle kunna överväga att ta fram en ansökningsguide likt den som SIP Bioinnovation har utvecklat.

Figur 42 Andel av respondenter som instämmer i påståenden om Vinnovas administration av programmet.



Källa: Webbenkät.

En del intervjupersoner, både från företag och FoU-utförare, betonar att det är svårt för SMF att nå 50 procent medfinansiering, vilket i viss mån försvårar för SMF att delta i Fol-projekt. Detta då SMF generellt har svårt att avvara personal under längre perioder, vilket krävs vid deltagande i Fol-projekt. Vinnovas handläggare bekräftar att företag ibland väljer att söka medel för ett lägre belopp än maxbeloppet eftersom de har svårt att få till medfinansieringen för de högre beloppen. SMF och även andra aktörer efterfrågar en lösning kring detta – en lösning som inte bygger på att de stora företagen, i egenskap av behovsägare, behöver medverka i projekt för att skjuta till medfinansiering. Detta är av särskild vikt i och med att det är ett nytt område och således riskfyllt att bedriva Fol-verksamhet i, vilket företagsrepresentanterna betonar många gånger, se exempelvis 3.1 och 7.1.

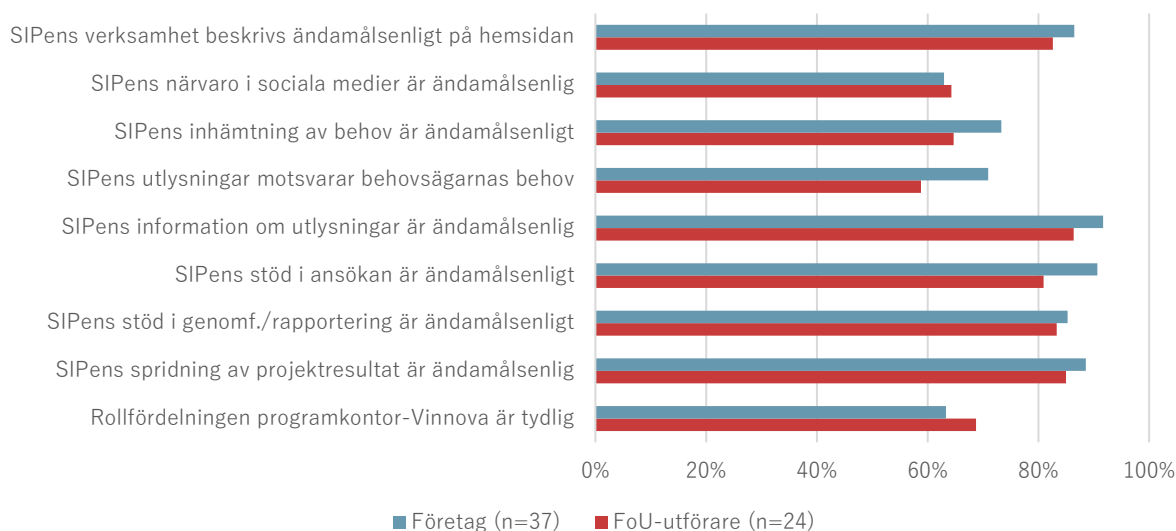
Flera intervjupersoner, både från företag och FoU-utförare, berättar att det är svårt att få med utländska aktörer i projekten. Det verkar till viss del ha med finansieringsformerna att göra, det vill säga att svenska offentliga medel som regel inte kan gå direkt till utländska aktörer. Även programrepresentanter påpekar att detta är svårt att hantera, men betonar att programmet arbetar aktivt med att stimulera till ökat projektdeltagande av utländska aktörer. Styrelsen har exempelvis fått i uppdrag att fortsätta förstärka kontakterna med utländska grafenaktörer och verka för internationell uppkoppling. Programledningen anger även att de önskar satsa på fler öppna utlysningar, både i samverkan med andra SIPar och med utländska program, och de undersöker för närvarande möjligheterna för detta. Sakexperterna bedömer, som tidigare nämnts (i avsnitt 7.1), att samverkan med utländska program är viktigt för SIO Grafen varför former för detta fortsatt bör undersökas. Å andra sidan skulle exempelvis FLAG-ERA och H2020 kunna vara lämpliga verktyg för internationell projekt-samverkan, men det är ofta svår konkurrenssituation i utlysningar inom dessa satsningar.

Slutligen framför de flesta intervjuade att en fördel med Vinnova kontra andra finansiärer, som exempelvis EU (genom H2020) är att administrationskraven – i form av rapporteringens omfattning och frekvens – är på en rimlig nivå. De betonar att det gör att projektresurserna läggs på innovationsprojektet och inte administreras bort. En intervjuperson berättar:

Många tycker nog att Vinnova är fantastiskt eftersom man får lägga ned sina resurser just på Fol-projektet [och inte på alltför omfattande administration].

Figur 43 visar deltagarnas uppfattningar av programmets egen administration. De upplever att administrationen är ändamålsenlig i de flesta avseenden, men att det finns viss förbättringspotential avseende behovsinhämtning, huruvida utlysningarna motsvarar deltagarnas behov och SIPens närvaro i sociala medier. De intervjuade är överlag nöjda med SIO Grafens administration; den strategiska styrningen av programmet samt den projektstödande verksamheten är särskilt uppskattade.

Figur 43 Andel av respondenter som instämmer i påståenden om programmets egen administration.



Källa: Webbenkät.

Flera personer, från företag och FoU-utförare, betonar att engagemanget i dagsläget är intressestyrt samt att det i första hand är ett fåtal redan intresserade personer inom de deltagande organisationerna som nås av programmet och dess möjligheter. Därför finns det en önskan om att SIO Grafen ska få bredare förankring inom deltagande organisationer. Programmets programkontor och styrelse visar en medvetenhet om detta och beskriver att de vill nå ut bredare i företagen, men att det är en utmaning givet programmets resurser. Primärt beskriver de att de skulle vilja satsa på riktade utbildningar på plats hos företag för att öka programmets exponering för fler inom företagen. Därtill nämner flera intervjupersoner att kommunikationen utåt via sociala medier mot nya personer och relevanta aktörer är något som programmet skulle kunna prioritera framöver.

Programmets projektstödande verksamhet ses som en av programmets viktigare aktiviteter. Deltagarna betonar framför allt att programkontorets stöd under projektens gång och att det fungerar som "spindeln i nätet" för att koppla samman aktörer. Programkontoret hör av sig kontinuerligt och följer upp hur projekten fortlöper och bistår med avtalsmallar, materialleverantörsguiden, aktörslistan m.m., vilket deltagarna beskriver som ändamålsenligt. Programkontorets arbete med att öka kännedomen om grafen och dess potentiella användning ute hos företagen (genom exempelvis roadshows) framhålls också som ett viktigt inslag.

Intervjupersonerna menar att det är viktigt att programkontoret arbetar aktivt med att väcka intresse och engagera nya aktörer just för att området är nytt. En företagsrepresentant beskriver:

SIO Grafen finns till för mig och kan hjälpa mig. Jag ser det som att det är SIO Grafen som gör reklam för möjligheterna och berättar vad de kan bidra med. De är spindeln som understödjer oss på olika ställen i nätet.

Samtidigt påtalas att i de fall det egna företaget känner till grafen väl – som exempelvis grafentillverkare gör – är inte det stöd som programkontoret i dagsläget tillhandahåller tillräckligt. Detta eftersom de framförallt behöver hjälp med att etablera samarbeten med ej redan kända företag (företrädesvis utländska) som kan ha nytta av grafen. I det här avseendet skulle bland annat ökade insatser på internationalisering (exempelvis genom samverkan med utländska satsningar) och engagemang av utländska aktörer i programmets nätverk och i Fol-projekt kunna bidra till projektstödet träffsäkerhet.

9.3 Jämställdhet

Programmet och Vinnova har i utlysningar för Fol-projekt sedan 2017 aktivt efterfrågat att de sökande ska beakta jämställdhet genom kriterier som varierat något över tid och som bland annat inkluderat val av projektledare, sammansättning av projektgrupp, och involvering av målgrupp. Vinnovas *Vägledning för bedömning av jämställdhet* beskriver hur Vinnova ska arbeta med jämställdhet i sina bedömningar. I dessa riktlinjer har tre delmål definierats som utvärderingsteamet har valt att omtolka till SIParnas verksamhet enligt följande:

- Att både män och kvinnor är representerade och har samma makt och inflytande över SIPens verksamhet
- Att både kvinnor och män tar del av den offentliga finansieringen och deltar i projekt i SIPens projektportfölj
- Att resultaten och effekterna av projekt i SIPens projektportfölj bidrar till ökad jämställdhet

Programmet har en uttalad ambition om att bedömningsgrupper, styrelse och programkontor ska bestå av lika andel kvinnor och män (men en 40/60-fördelning är acceptabel), samt att lika många kvinnor som män ska bjudas in som talare till programmets konferenser. I de öppna utlysningarna ombeds projektsökanden att beskriva hur projektet ska bidra till jämställdhet, både vad gäller genomförande och resultat. Därtill arbetar programmet aktivt i den uppsökande verksamheten med att närma sig branscher som vanligtvis inte är mansdominerande, som exempelvis textilindustrin och medicinteknik.

Könsbalansen på olika organisationsnivåer i SIO Grafen ser ut som följer:

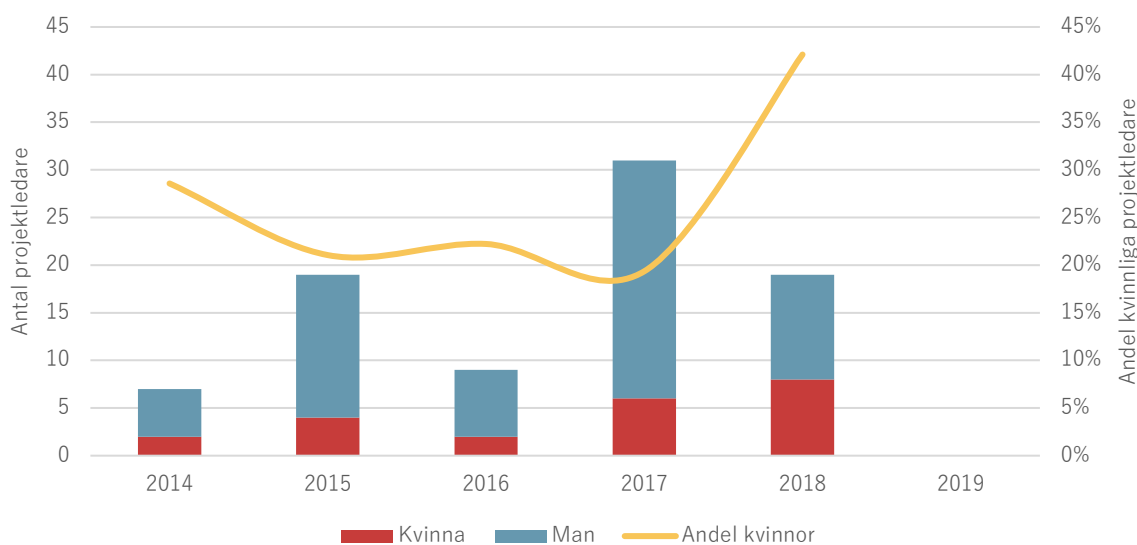
- Programledning och programkontor: SIO Grafens programchef har alltsedan start varit en kvinna (om än inte samma) som har haft omkring fyra medarbetare under perioden 2014–2020, hälften kvinnor och hälften män under merparten av tiden
- Styrelse: programmets interimsstyrelse (2014) hade tolv medlemmar, varav en kvinna (8 % kvinnor). Under perioden fram till treårsutvärderingen (2015–2017) hade styrelsen nio medlemmar, inklusive en suppleant, varav två kvinnor (22 % kvinnor). Under innevarande programperiod 2018–2020 har styrelsen haft tio medlemmar (inkl. suppleant), med fyra kvinnor (40 %) 2018, fem kvinnor (50 %) 2019 och nu (2020) sex kvinnor (60 %)

Figur 44 visar fördelningen av projektledarskap mellan kvinnor och män för Fol-projekt från öppna utlysningar. Variationen mellan år är relativt stor, vilket beror på att antalet projekt är litet. I genomsnitt har programmet omkring 30 procent projektledare som är kvinnor vilket är att betrakta som högt jämfört med liknande satsningar i tekniktunga och tidiga skeden. Om vi dessutom gör en jämförelse med tillverkningsindustrin – som är det branschområde SIO Grafens projekt oftast befinner sig inom enligt Figur 14 – visar denna att andelen kvinnor som är projektledare i projekt inom programmet överensstämmer med andelen kvinnor anställda i tillverkningsindustrin (som är

24 procent).⁵⁷ Den senaste utlysningssomgången är inte inkluderad i figuren och i den är andelen kvinnor som är projektledare betydligt lägre än 2018, varför ytterligare satsningar inom området bör övervägas.

Programmet har en god chans att arbeta med att främja jämställdhet såväl på projektledarnivå som i ett bredare perspektiv eftersom programmet har en möjlighet att skapa en ny struktur givet att det inte finns någon etablerad bransch med redan cementerade normer. Programmets arbete med jämställdhet skulle även kunna inkluderas i agendan, med tillhörande mål om andel kvinnliga projektledare (vilket saknas idag).

Figur 44 Projektledares kön för Fol-projekt från öppna utlysningar 2014–2019.



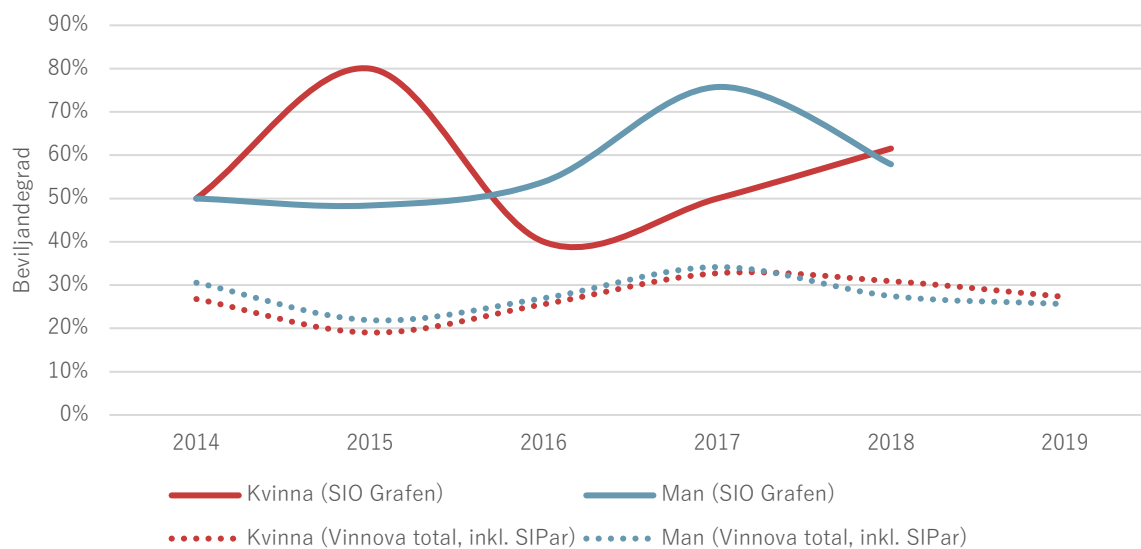
Källa: Vår analys av data från Vinnova.

Av Figur 45 framgår beviljandegraden fördelat på kön för ansökningar i SIO Grafens öppna utlysningar och för Vinnovas generellt. Återigen är variationen mellan år stor då antalet ansökningar till SIO Grafen är litet, vilket i sin tur gör att enstaka projekt får stort genomslag. Det går därför inte att se någon systematisk skillnad vad gäller beviljandegraden inom SIO Grafen fördelat på kön. Däremot går det att konstatera att beviljandegraden är dubbelt så hög som för Vinnova generellt.

Programmet följer inte systematiskt upp projektens bidrag till jämställdhet eftersom programkontoret inte får se ansökningarna och således inte får reda på hur och på vilket sätt deras projekt är tänkta att bidra till jämställdhetsmålen. Däremot följer programmet upp jämställdheten på projektledarnivå och vittnar om ambitionen att bidra till ökad jämställdhet inom området.

⁵⁷ "Antal förvärvsarbetande (dagbefolkning) efter näringsgren och NUTS2 (EU-standard), 2019", SCB.

Figur 45 Beviljandegrad per år fördelat på kön för ansökningar i öppna utlysningar 2014–2019.



Källa: Vår analys av data från Vinnova.

10 Slutsatser och rekommendationer

Detta avslutande kapitel inleder vi med att formulera våra huvudsakliga slutsatser för till sist avge våra rekommendationer för SIO Grafens fortsatta utveckling.

10.1 Slutsatser

SIO Grafen arbetar efter visionen om att "Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen för att säkerställa industriellt ledarskap år 2030". Grafenområdets omognad gör att det finns stort behov av nationell kraftsamling, strategisk inriktning och av stödjande verksamhet av olika slag. Liksom inom många andra teknik- och materialområden är den internationella konkurrenssituationen hård även inom grafenområdet, och särskilt stora länder som Kina och USA satsar mycket på området. För att svenska aktörer ska vara internationellt konkurrenskraftiga behövs tillgång till spetskunskap och -kompetens inom värdekedjor inom utvalda fokusområden.

SIO Grafens ändamålsenlighet

Utvärderingen konstaterar att programmet är väl designat utifrån sina mål och vision, och att programmets aktiviteter och insatser är ändamålsenliga då området är ungt och fortfarande under uppbyggnad. Programmet har löpande följt den internationella utvecklingen inom området och anpassat aktiviteter och insatser efter denna, samtidigt som programmets strategiska inriktning följts. För att nå såväl mål som vision använder sig SIO Grafen av tre övergripande insatser: strategiska aktiviteter, basaktiviteter samt samverkansprojekt. Strategiska aktiviteter har varit värdefulla för att föra samman grafenintresserade aktörer i Sverige och för att bygga kunskap kring för aktörerna gemensamma utmaningar. Basaktiviteter har använts för att identifiera och kommunicera till grafenintresserade aktörer och stödja dem i deras grafensatsning. I samverkansprojekten ges deltagarna möjlighet att tillsammans med andra undersöka och testa grafens potential och utveckla tillämpningar med grafen. Tvärsektoriella samarbeten anses avgörande för att ta fram produkter med grafen.

Trots att SIO Grafens insatser och aktiviteter bedöms vara ändamålsenliga, identifierar utvärderingen att det **finns behov att programmet förstärker sina insatser för dels internationalisering, dels standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring av grafen**. Rörande internationalisering har områdets aktörer behov av tillgång till kontakter hos såväl utländska företag som FoU-utförare. Det för att både underlätta för import av kunskap och för export av svenska grafenprodukter. Programmet bedriver förvisso ett internationaliseringsarbete men utvärderingen visar samtidigt att få utländska aktörer ingår i nätverket. Vi bedömer därför att programmet behöver förstärka sitt internationaliseringsarbete för att stimulera till högre deltagande av utländska aktörer. Vi bedömer även att programmet vore betjänt av att ha ett erfarenhetsutbyte och samarbete med liknande program i andra länder.

Den samlade utvärderingsempirin visar att avsaknaden av standarder för grafen är en av de största utmaningarna för materialets etablering och genomslagskraft. Företag behöver kunna välja rätt form av grafen för sina tillämpningar och vara säkra på att materialet har de angivna egenskaperna. Programmets insatser gällande standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring av grafen är i de flesta fall väl utformade, men utvärderingen visar samtidigt att resurserna allokerade för dessa insatser är otillräckliga. Programmet bör därför utöka sina insatser för att kvalitetssäkra olika grafenmaterial samt att standardisera metoder för kvalitetssäkring och karakterisering. Sakexperterna bedömer att programmet har stor chans att utmärka sig internationellt inom dessa områden, vilket skulle öka det svenska grafenområdets internationella konkurrenskraft. Utvärderingen finner även att grafentillverkning, och nischer inom området, är ett potentiellt svenskt styrkeområde.

Utvärderingen visar att kunskapsnivån om grafen är förhållandevis låg och att det utgjort ett visst hinder för att nya aktörer ska våga sig in på området, särskilt svenska storföretag. De finansierade projekten har därför främst syftat till att aktörer tillsammans med andra testar och undersöker grafens potential. Utvärderingen finner dock att mognadsnivån inom det svenska grafenområdet ökat betydligt sedan starten, och att fler företag nu önskar driva projekt på högre TRL än tidigare. Vår bedömning är därför **att programmet bör finansiera fler stora projekt**, såsom demonstratorprojekt, vilket sannolikt skulle accelerera teknikutvecklingen ytterligare.

SIO Grafen samlar företag från flera branscher och forskargrupper från flera vetenskapliga discipliner. Den samlade utvärderingsempirin visar dock **att programmet bör intensifiera sina insatser för att öka involveringen från svenska storföretag** eftersom dessa är viktiga behovsägare i en slutlig leverantörskedja **samt utländska aktörer** med kompletterande kompetens till den som finns i det svenska ekosystemet.

Resultat och effekter

Utvärderingen konstaterar att **SIO Grafens främsta bidrag återfinns på systemnivå**. Programmet har bidragit stort till uppbyggnaden av det svenska ekosystemet för grafen genom att identifiera och samla områdets aktörer. Det har lett till fler diskussioner och samarbeten mellan aktörer samt bidragit till att skapa värdekedjor. Vi bedömer att programmets bidrag till kunskapsuppbyggnad och kompetensutveckling bland områdets aktörer har varit omfattande. I detta avseende vill vi framhålla betydelsen av programmets utbildning av nya aktörer samt finansiering av såväl strategiska projekt som Fol-projekt (enligt utvärderingens terminologi).

På samhällsnivå har representanter för företag höga förväntningar om att deras projekt kommer att på sikt bidra till kommersiella effekter för den egna organisationen och till stärkt internationell konkurrenskraft. I många projekt utvecklas även produkter med miljömässiga fördelar jämfört med befintliga.

Vi bedömer även programmets bidrag till etableringen av intresseorganisationen Swedish Graphene Suppliers Alliance som **samlar svenska grafentillverkare har potential att göra avtryck på systemnivå**. Bland annat genom att driva svensk grafentillverkning framåt, men även som kravställare på programmet och andra satsningar.

Programmets projektportfölj karaktäriseras av förhållandevis låga TRL för ett innovationsprogram och förväntas främst på sikt generera i nya produkter och produktionsprocesser för företag. Utvärderingen finner detta naturligt givet områdets omognad och att det varit ändamålsenligt för att introducera nya aktörer. Vi bedömer att kunskaps- och kompetensuppbyggnad är programmets mest betydelsefulla **resultat och effekter för enskilda aktörer från samtliga aktörskategorier**. Det har bland annat lett till att aktörer fortsatt att utveckla grafentillämpningar i följdprojekt både inom och utanför programmet. Även om programmet mestadels finansierat projekt på förhållandevis låga TRL visar utvärderingen att det haft avgörande betydelse för att företag har utvecklat demonstratorer och prototyper samt i några fall implementerat och effektiviserat produktionsmetoder och tagit fram kommersiella produkter med grafen. Därtill tycker vi det är värt att framhålla de förhållandevis många patentansökningar som projekten har genererat, vilket är en tydlig indikator att många av programmets deltagare på sikt förväntar sig att deras projekt skapar värde för organisationen.

Måluppfyllelse

Utvärderingen konstaterar att programmets högt ställda mål efterföljs väl med hjälp av programmets valda aktiviteter och insatser, och att verksamheten styrs med målen i åtanke. Bedömningen är att programmets har goda alternativt mycket goda förutsättningar att nå sina fyra effektmål, och sina effektmål på kortare sikt. Därtill gör vi bedömningen att de flesta resultatmål

antingen redan nåtts eller på god väg att nås. Vår bedömning av måluppfyllelse av SIO Grafens fyra effektmål är följande:

- *Grafen är ett svenskt industriellt styrkeområde:* Utvärderingsempiri visar bland annat att SIO Grafen redan nu har bidragit till ett starkt svenskt aktörsdrivet ekosystem för grafen, att det finns flera demonstratorer inom styrkeområdena, att det finns exempel på förädlade grafenprodukter på marknaden, att företagen bedriver Fol-aktiviteter själva samt att patent och patentansökningar har sökts och beviljats. Detta bidrar i sin tur till delmålen *grafen och grafenprodukter bidrar till att öka svenska företags konkurrenskraft och att det svenska ekosystemet har en hög internationell synlighet och attraktivitet*, Vi bedömer att programmet är på **mycket god väg att nå målet**, samtidigt bedömer vi att fler insatser behövs för att öka det svenska grafenområdets internationella synlighet
- *Stark tvärssektoriell samverkan:* Utvärderingen konstaterar att flera svenska företag redan etablerat såväl affärs- som Fol-samarbeten med andra svenska och utländska aktörer längs värdekedjor samt att grafenföretag är attraktiva för investerare, Programmet genomför även aktiviteter som stöttar kunskapsöverföring mellan aktörer längs värdekedjan. Dessa resultat förväntas på sikt bidra till delmålen: *att det svenska ekosystemet för grafen är attraktivt och ändamålsenligt för relevanta aktörer, att kunskapsutveckling och kunskapspridning inom nätverket fungerar, att det finns fungerande leverantörskedjor som säkrar grafenanvändning i produkter, samt att medverkande företag är attraktiva och bidrar till sysselsättning*. Vi bedömer att detta mål är på **mycket god väg att nås**, vilket enligt aktörerna är viktigt för svenska aktörers internationella konkurrens- och attraktionskraft
- *Stark svensk grafentillverkning:* Utvärderingen konstaterar att programmet **genomför tillräckliga insatser** för att vara på god väg att nå detta mål, exempelvis finns det redan nu etablerade grafentillverkare i Sverige, och sakterna konstaterar att Sverige har fler sådana företag än sina grannländer. För att måluppfyllelsen ytterligare ska säkerställas behövs det en förstärkning av aktiviteterna som kopplar till standardisering, kvalitetssäkring och karakterisering, vilket är viktigt för att aktörer ska köpa och använda svenskt grafen
- *Grafen stödjer omställning till hållbart samhälle:* Detta mål tillkom först 2019, och det är därför ännu **för tidigt för utvärderingen att bedöma** måluppfyllelse för detta mål. Däremot framgår det i utvärderingen att många projekt förväntas bidra till miljöaspekter, såsom att grafen ersätter annat mer miljöfarligt material, ökar tillämpningens livslängd, eller att grafen möjliggör teknisk utveckling som avses förbättra miljön

Programmets effektivitet

Utvärderingen har identifierat tre vägledande principer i implementeringen av programmet: identifiera, samla och utbilda aktörer; stimulera till tvärssektoriell samverkan; samt öka kunskapsnivån hos områdets aktörer. Vi bedömer att de **vägledande principerna har skapat mervärden** som haft stor betydelse för det svenska ekosystemet för grafen. Utvärderingen finner även att programmet utgår från företagets behov, och att det är inkluderande med överlag öppna processer för att inhämta behov. Däremot problematiserar några deltagare utifrån principiella grunder om att programmets värddorganisation även är en betydande stödmottagare, och att det därmed finns en potentiell risk för att organisationen skulle kunna få konkurrensfördelar. Utvärderingen har dock inte funnit att så varit fallet. Utvärderarna bedömer att programkontoret är mycket uppskattat och upplevs av deltagarna som lyhörda och kunniga. Vidare arbetar programmet aktivt med resultat- och måluppföljning för att säkerställa programmets ändamålsenlighet.

Beträffande jämställdhet har de flesta branscher programmet vänder sig mot en underrepresentation av kvinnor som anställda och i ledningsposition. Vi bedömer att programmet lyckats väl med att uppnå en jämn könsfördelning i programkontor och i styrelse. Könsfördelning av



projektledare tycks följa andelen kvinnor som är anställda i tillverknings- och utvinningsindustri, vilken är den mest tongivande branschen inom programmet. **Utvärderingen konstaterar därför att programmet har ett genomarbetat jämställdhetsarbete.**

Slutomdöme

Vårt slutomdöme är att SIO Grafen i grunden är ett väl fungerande program som på ett effektivt sätt gjort betydande avtryck för det svenska grafenområdet utifrån sina resurser. Grafenområdet är fortfarande ungt, i många delar omoget och förhållandevis riskfyllt. Aktörerna ser dock stor potential i grafen och att området på sikt kan utvecklas till att vara ett svenskt styrkeområde och till att stärka svenska aktörers internationella konkurrenskraft och på så vis göra betydande avtryck för samhället i stort. Detta understryks av att såväl deltagarna som sakkexperterna ser att Sverige har ett bra utgångsläge för att vara ett konkurrenskraftigt grafenland. Däremot framgår det i utvärderingen att programmets resurser är för små för att möta aktörernas växande behov av mer omfattande insatser och aktiviteter, samtidigt som allt fler aktörer söker sig till programmet. Trots att beviljandegraden är hög menar vi därför att det finns behov av att finansiera större projekt, snarare än fler, och strategiska projekt. Sammanfattningsvis konstaterar sakkexperterna:

Slutligen så bedömer vi att programmet startade i rätt tid samt att programmet fungerar väl och planenligt. Om Sverige ska vara i framkant inom grafenområdet behövs ett program som SIO Grafen. Sverige har idag en god position, men om programmet skulle upphöra nu så skulle landet mista denna.

10.2 Rekommendationer

Övergripande rekommendation

- SIO Grafen är i grunden ett väl fungerande program med en föredömlig och ändamålsenlig strategisk ansats, inriktning och ledning. Programmet har gjort betydande avtryck i det svenska ekosystemet för grafen samtidigt som grafen har stor potential för användning i flera branscher. Programmet bör erhålla ökad finansiering för att kunna skala upp sina insatser och aktiviteter för att därigenom accelerera teknikutvecklingen och stärka det svenska ekosystemet för grafen

Programmets inriktning

- SIO Grafen har som helhet en ändamålsenlig inriktning utan någon påtaglig inlåsning till enskilda aktörers intressen. Programmet bör fortsätta att bevaka utvecklingen inom sina styrkeområden och bör vid behov framgent revidera dessa för att säkerställa sin ändamålsenlighet
- SIO Grafen har en öppen och systematisk process för behovsinventering. Programmets arbete med agenda och programlogik är en av dess styrkor och bör därför fortsätta
- SIO Grafen har inte tagit ställning till om och i så fall hur aktörsnätverket ska kunna fortleva efter programmets slut. Även om det sannolikt är många år till dess bör programmet i dialog med sina aktörer ta fram en plan för detta, vilken bör nämnas i agendan
- SIO Grafen har ett genomtänkt jämställdhetsarbete, men bör formulera ett kvantitativt mål även för projektledare. Därtill bör programmets jämställdhetsarbete vara omnämnt i agendan
- SIO Grafen har föredömligt formulerade mål för 2018–2020. Programmet bör formulera liknande kvantifierade mål för slutet av nästa finansieringsperiod



Programmets styrning

- SIO Grafen har en väl genomarbetad programlogik och styr aktivt programmet med hjälp av denna. Programmet bör fortsatt inkludera sin programlogik i agendan, inklusive resonemang om bakomliggande antaganden och risker

Programmets genomförande

- SIO Grafens insatsformer är relevanta och kompletterar varandra väl, men resurserna allokerade till standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring bedöms som otillräckliga. Programmet bör därför prioritera insatser för standardisering av material och produktionsprocesser
- SIO Grafen har hittills arbetat för att skapa ett nationellt ekosystem för grafen. För att ytterligare främja svensk konkurrenskraft bör programmet nu i högre utsträckning fokusera på internationalisering, exempelvis genom att:
 - På programnivå ha ett erfarenhetsutbyte, och möjligen bilaterala utlysningar, med liknande satsningar i andra länder
 - Stärka svenska aktörers internationella nätverk genom att i högre utsträckning involvera utländska aktörer
- SIO Grafen har hittills använt sig av breda utlysningar. Programmet bör framgent överväga riktade utlysningar inom specifika styrkeområden, alternativt fler stora Fol- och IoD-projekt för att därigenom accelerera grafenområdets teknikmognad och öka tilltron till materialet
- SIO Grafens externa kommunikation och uppsökande verksamhet riktas främst till potentiellt grafenintresserade företag, men når oftast ett fåtal individer inom dessa företag. Programmet bör därför:
 - Fortsätta att identifiera och kommunicera till en bred skara av företag
 - Verka för att nå ut till fler personer inom redan involverade företag

Öppenhet och likabehandling

- Givet att programkontorets värdorganisation är en betydande stödmottagare bör SIO Grafen vinnlägga sig om att andra aktörer inte får någon anledning att misstänka att värdorganisationen får några konkurrensfördelar



Bilaga A Intervjupersoner och deltagare i presentationer

A.1. Intervjupersoner

Anwar Ahniyaz	RISE
Amer Ali	Graphensic AB
Göran Bolin	SaltX Technology
Chris Bonnerup	Stora Enso
Romain Bordes	Chalmers tekniska högskola
Sophie Charpentier	Chalmers Industriteknik
Mikael Dahlgren	ABB Corporate Research
Pontus De Laval	Saab AB
Johan Ek-Weis	Chalmers Industriteknik
Nazanin Emami	Luleå tekniska universitet
Jens Eriksson	Linköpings universitet
Sören Eriksson	Volvo Cars Corporation
Sven Forsberg	2D fab AB
Kaj Fredin	Volvo Cars Corporation
Thomas Gillgren	BillerudKorsnäs
Margareta Groth	Vinnova
Rebecca Hollertz	Vinnova
Roland Kádár	Chalmers tekniska högskola
Pasi Kangas	Sandvik Materials Technology
Åsa Kassman Rudolphi	Uppsala universitet
Lena Killander	Applied Nano Surfaces AB
Jari Kinaret	Chalmers tekniska högskola, Graphene Flagship
Jiantong Li	Kungliga tekniska högskolan
Curt Lindmark	Lindmark Innovation AB
Johan Liu	Chalmers tekniska högskola
Katarina Malaga	RISE CBI Betonginstitutet
Erik Nilsson	RISE IVF
Peter Nilsson	APR Technologies
Henrik Rödjegård	Senseair AB
Elisabeth Sagström-Bäck	Chalmers Industriteknik
Fredrik Sahlén	ABB Corporate Research
Olga Santos	Alfa Laval



Linnéa Selegård	Saab AB
Mikael Syväjärvi	Alminica AB
Mamoun Taher	Graphmatech AB
Helena Theander	AI Sweden
Lars Tilly	Innovation Skåne AB
Kajsa Uvdal	Linköpings universitet
Jan Wahlberg	Tetra Pak Packaging Solutions AB
Jon Wingborg	Chalmers Industriteknik
Thomas Wågberg	Umeå universitet
Carina Zaring	Aninkco AB

A.2. Deltagare i tolkningsseminarium

Johan Ek Weis	Chalmers Industriteknik
Elisabeth Sagström-Bäck	Chalmers Industriteknik
Jon Wingborg	Chalmers Industriteknik
Jari Kinaret	Chalmers tekniska högskola, Graphene Flagship
Nazanin Emami	Luleå tekniska universitet
Fredrik Sahlén	ABB Corporate Research
Katrin Danerlov	Vinnova
Margareta Groth	Vinnova
Susanne Gylesjö	Vinnova
Rebecca Hollertz	Vinnova
Sandra Karlström	Vinnova
Bertrand Noharet	Vinnova
Cecilia Sjöberg	Vinnova
Marie Wikström	Vinnova
Peter Åslund	Vinnova
Max Jonsson	Formas
Mikael Lindqvist	Energimyndigheten
Peter Stern	Energimyndigheten

<i>Erik Arnold</i>	<i>Technopolis Group</i>
<i>Amanda Bengtsson Jallow</i>	<i>Faugert & Co Utvärdering</i>
<i>Markus Lindström</i>	<i>Faugert & Co Utvärdering</i>
<i>Jonatan Ryd</i>	<i>Faugert & Co Utvärdering</i>



Tomas Åström

Faugert & Co Utvärdering

A.3. Deltagare i presentation av rekommendationer

Elisabeth Sagström-Bäck	Chalmers Industriteknik
Fredrik Sahlén	ABB Corporate Research
Margareta Groth	Vinnova
Susanne Gylesjö	Vinnova
Rebecca Hollertz	Vinnova
Sandra Karlström	Vinnova
Peter Åslund	Vinnova
Max Jonsson	Formas
Peter Stern	Energimyndigheten

Amanda Bengtsson Jallow *Faugert & Co Utvärdering*

Markus Lindström *Faugert & Co Utvärdering*

Jonatan Ryd *Faugert & Co Utvärdering*

Tomas Åström *Faugert & Co Utvärdering*

Bilaga B Webbenkäter

Vi har genomfört två enkätundersökningar riktade till deltagare i programmets Fol-projekt, varav en till företag och en till FoU-utförare. Vinnova försåg oss med kontaktuppgifter till projektledarna för programmets samtliga projekt. Programkontoret bistod oss sedan med att identifiera vilka av dem som var Fol-projekt, vilket var av betydelse då vi endast sökte svar från personer som deltagit i projekt som direkt syftat till Fol. Vi kontaktade därefter projektledarna för Fol-projekten och bad dem om namn och kontaktuppgifter till kontaktpersoner för övriga deltagare i projektet (eftersom Vinnova inte samlar in dessa uppgifter). För att undvika dubbelräkning bad vi endast om kontaktuppgifter till en person per organisation. Vi såg till att personer som deltagit i fler än ett Fol-projekt endast fick en enkätinbjudan.

I enkäten till företag ingick projektdeltagare från såväl privata som offentligägda företag, medan enkäten till FoU-utförare gick till deltagare från UoH, forskningsinstitut och till dessa hörande stödorganisationer. Till stor del innehöll enkäterna samma frågor, men de var formulerade något olika för att passa respektive aktörskategori och de innehöll någon enstaka fråga som endast ingick i den ena enkäten. I nästa avsnitt återges frågorna i enkäten till företag. Efter den första inbjudan sände vi två påminnelser till dem som ännu inte besvarat enkäten. I samband med den andra påminnelsen gick Vinnova ut med en egen uppmaning till dessa personer att besvara enkäten.

Medlemmar från programkontoret som även angetts som deltagare i Fol-projekt har fått inbjudan att besvara enkäten. Dock har eventuella svar från dessa respondenter på frågor under rubriken Programmet exkluderats från analysen för att undvika självvärderande svar.

Tabell 4 sammanställer antalen utskick, bortfall och svar samt resulterade svarsfrekvenser.

Tabell 4 Svarsfrekvens för enkäter till projektdeltagare

	Antal utskick	Bortfall (studsar)	Antal svar	Svarsfrekvens
Företag	102	3	48	48 %
FoU-utförare	53	0	29	55 %

Källa: Webbenkäter

B.1. Enkät till företag

Utvärdering av det strategiska innovationsprogrammet SIO Grafen

Tack för att du väljer att delta i denna enkätundersökning. Samtliga frågor berör SIO Grafen och projekt som har mottagit finansiering från Vinnova genom detta program, inklusive i förekommande fall projekt som finansierats genom regeringens samverkansprogram.

Enkäten tar cirka 20 minuter att besvara. Svara gärna så snart du har möjlighet, men inte senare än **onsdagen den 29:e april 2020**.

Vi använder följande förkortningar i enkäten:

Fol	Forskning och innovation
Institut	Forskningsinstitut
SIP	Strategiskt innovationsprogram
SMF	Små och medelstora företag



TRL *Technology readiness level* (teknikmognadsnivå)

UoH Universitet och högskola

Projektet

Om du har deltagit i fler än ett forsknings- och innovationsprojekt (Fol-projekt) inom SIO Grafen vill vi att du besvarar frågorna på denna sida med **det senast avslutade projektet** i åtanke (alternativt det senast påbörjade projektet, om du inte har något avslutat).

Vänligen värdera i vilken utsträckning följande samverkansrelaterade motiv var viktiga för företagets deltagande i projektet.

(Inte alls, I låg grad, I viss grad, I hög grad, I mycket hög grad, Vet inte)

- Etablera/stärka Fol-samverkan med universitet/högskola (UoH) i Sverige
- Etablera/stärka Fol-samverkan med forskningsinstitut (institut) i Sverige
- Etablera/stärka Fol-samverkan med små och medelstora företag (SMF) i Sverige (<250 anställda) (inkl. offentligt ägda)
- Etablera/stärka Fol-samverkan med stora företag i Sverige (≥250 anställda) (inkl. offentligt ägda)
- Etablera/stärka Fol-samverkan med offentlig organisation i Sverige (utöver UoH/institut)
- Etablera/stärka Fol-samverkan med organisation i utlandet

Kommentera gärna dina svar:

Vänligen värdera i vilken utsträckning följande ytterligare motiv var viktiga för företagets deltagande i projektet.

(Inte alls, I låg grad, I viss grad, I hög grad, I mycket hög grad, Vet inte)

- Lösa ett specifikt Fol-relaterat problem
- Bygga upp generell Fol-kompetens inom företaget
- Engagera industridoktorand för genomförandet
- Engagera högskoledoktorand för genomförandet
- Rekrytera nydisputerad forskare
- Få tillgång till extern Fol-kompetens
- Få tillgång till extern Fol-infrastruktur (labb-/produktions-/prototyp-/test-/demoutrustning, databas, mjukvara etc.)
- Utveckla ett mer vetenskapligt arbetssätt för Fol inom företaget
- Få offentlig delfinansiering till Fol
- Minska risktagandet för Fol-investeringar
- Annat motiv, vänligen utveckla i kommentarrutan:

Kommentera gärna dina svar:

Hur skulle du karakterisera projektet på *technology readiness level*-skalan vid projektets start?

- TRL1: Grundläggande principer observerade
- TRL2: Teknikkoncept formulerade



- TRL3: Koncept bevisat i experiment
- TRL4: Teknisk validering i laboratoriemiljö
- TRL5: Validering av komponent/delsystem i simulerad miljö
- TRL6: Demonstration av modell eller prototyp i simulerad miljö
- TRL7: Demonstration av prototyp i driftsmiljö
- TRL8: Färdigutvecklat system är verifierat
- TRL9: Produkten (varan/tjänsten) används med framgång
- Kan ej bedöma

Hur skulle du karakterisera projektet på *technology readiness level*-skalan vid projektets slut?

- TRL1: Grundläggande principer observerade
- TRL2: Teknikkoncept formulerade
- TRL3: Koncept bevisat i experiment
- TRL4: Teknisk validering i laboratoriemiljö
- TRL5: Validering av komponent/delsystem i simulerad miljö
- TRL6: Demonstration av modell eller prototyp i simulerad miljö
- TRL7: Demonstration av prototyp i driftsmiljö
- TRL8: Färdigutvecklat system är verifierat
- TRL9: Produkten (varan/tjänsten) används med framgång
- Projektet pågår fortfarande
- Kan ej bedöma

Vilka av följande samarbetsrelaterade aktiviteter har projektet inneburit för företaget?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Fol-samarbete med UoH i Sverige
- Fol-samarbete med institut i Sverige
- Fol-samarbete med SMF i Sverige (inkl. offentligt ägda)
- Fol-samarbete med stort företag i Sverige (inkl. offentligt ägda)
- Fol-samarbete med offentlig organisation i Sverige (utöver UoH/institut)
- Fol-samarbete med UoH/institut i utlandet
- Fol-samarbete med företag i utlandet
- Fol-samarbete med offentlig organisation i utlandet
- Tvärvetenskapligt Fol-samarbete

Resultat och effekter för företaget

Om du har deltagit i fler än ett Fol-projekt inom SIO Grafen vill vi att du besvarar frågorna på denna sida med **samtliga** projekt i åtanke.

Vi skiljer på resultat och effekter. Resultat syftar på det direkta utfallet av ett projekt, medan effekter uppstår efter en tid när resultaten har vidareutvecklats, implementerats och/eller kommersialiserats.

Vilka av följande resultat har projekten lett till för företaget?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Kunskapsöverföring till företaget från i projektet deltagande UoH
- Kunskapsöverföring till företaget från i projektet deltagande institut
- Kunskapsöverföring till företaget från i projektet deltagande SMF (inkl. offentligt ägda)
- Kunskapsöverföring till företaget från i projektet deltagande stort företag (inkl. offentligt ägda)
- Kunskapsöverföring till företaget från i projektet deltagande offentlig organisation (utöver UoH/institut)
- Vetenskaplig publikation med medförfattare från företaget
- Öppen publikation av annat slag med medförfattare från företaget
- Annat, vänligen utveckla i kommentarrutan:

Kommentera gärna dina svar:

Vilka av följande långsiktiga samverkansrelaterade effekter har projekten bidragit till för företaget?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med UoH i Sverige
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med institut i Sverige
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med SMF i Sverige (inkl. offentligt ägda)
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med stort företag i Sverige (inkl. offentligt ägda)
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med offentlig organisation i Sverige (utöver UoH/institut)
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med UoH/institut i utlandet
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med företag i utlandet
- Etablering/vidmakthållande av långsiktig Fol-samverkan med offentlig organisation i utlandet

Vilka av följande ytterligare effekter har projekten bidragit till för företaget?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Nytt Fol-projekt med svensk offentlig delfinansiering
- Nytt Fol-projekt med utländsk/internationell offentlig delfinansiering
- Egenfinansierat följdprojekt
- Implementering av nytt material/ny substans/ny teknik i befintlig vara/tjänst
- Implementering av ny metod för varu-/tjänste-/processutveckling
- Effektivisering av befintlig metod för varu-/tjänste-/processutveckling
- Implementering av ny tillverknings-/produktionsmetod
- Effektivisering av befintlig tillverknings-/produktionsmetod



- Utveckling av demonstrator/prototyp
- Introduktion av ny vara/tjänst/process
- Ökad kvalitet i befintlig vara/tjänst/process
- Ökad hållbarhet i befintlig vara/tjänst/process
- Patentansökan
- Beviljat patent
- Rekrytering av disputerad forskare
- Mer vetenskapligt arbetssätt för Fol inom företaget
- Annat, vänligen utveckla i kommentarrutan:

Kommentera gärna dina svar:

Vilka av följande kommersiella effekter har projekten bidragit till för företaget?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Bibehållen/utökad Fol-verksamhet i Sverige
- Bibehållen/utökad produktion i Sverige
- Bibehållen/utökad sysselsättning i Sverige
- Ökad omsättning
- Ökad export
- Sänkta kostnader
- Ökade marknadsandelar
- Stärkt internationell konkurrenskraft
- Nytt affärsområde
- Ny affärsmodell
- Annat, vänligen utveckla i kommentarrutan:

Kommentera gärna dina svar:

Vad hade hänt om projektet (det senast startade projektet om du deltagit i fler än ett) inte hade fått offentlig delfinansiering genom SIO Grafen? Projektet hade sannolikt:

- Genomförts på samma sätt men med annan offentlig delfinansiering – vänligen ange finansiärens namn i kommentarrutan
- Genomförts på samma sätt med egen finansiering
- Genomförts med egen finansiering, men med lägre ambitionsnivå, färre partners och/eller över längre tid
- Inte genomförts
- Kan ej bedöma

Kommentera gärna dina svar:

Resultat och effekter utanför företaget

Om du har deltagit i fler än ett Fol-projekt inom SIO Grafen vill vi att du besvarar frågorna på denna sida med **samtliga** projekt i åtanke.



Vilka av SIO Grafens effektmål har projekten bidragit till?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Grafen är ett svenskt industriellt styrkeområde
- Stärkt tvärssektoriell samverkan
- Stärkt svensk grafentillverkning
- Omställning till ett hållbart samhälle

Kommentera gärna dina svar:

Vilka av följande vidare effekter har projekten bidragit till?

(Har redan uppnåtts, Kommer på sikt att uppnås, Kommer ej att uppnås, Ej tillämpligt, Kan ej bedöma)

- Kunskap om grafen spridd i det svenska ekosystemet (utanför projektkonsortiet)
- Fungerande leverantörskedjor för grafen i Sverige
- Volymproduktion av kvalitetssäkrat grafen i Sverige
- Ett väl fungerande svenskt ekosystem för grafen
- Ett internationellt konkurrenskraftigt svenskt ekosystem för grafen
- Teknologi-/kunskapsspridning till annan bransch/sector, vänligen precisera branscher/sectorer (från–till) i kommentarrutan
- Stärkta underleverantörer (avser endast vinstdrivande företag, ej UoH/institut/offentliga organisationer)
- Avknoppningsföretag, vänligen ange företagets namn i kommentarrutan

Kommentera gärna dina svar:

Har projektet bidragit till innovationer som kan tänkas få radikala/systemförändrande implikationer*? Om ja, vänligen utveckla vad och på vilket sätt.

(Öppen fråga)

* Med "radikala/systemförändrande implikationer" avser vi något som i grunden förändrar t.ex. marknader, branscher, innovationssystem, affärsmodeller eller produktionssystem. Typiskt innebär det undanträngning av etablerade tankesätt, teknologier, organisationsformer, infrastruktur etc. Begreppet "innovation" ska här tolkas i vid bemärkelse – det kan handla om såväl teknologier som arbetssätt, kunskapsflöden, affärsmodeller m.m. Ofta är en "samhällsutmaning" inblandad.

Programmet

Vänligen värdera följande påståenden.

(Instämmer inte alls, Instämmer i låg grad, Varken instämmer eller instämmer inte, Instämmer i hög grad, Instämmer i mycket hög grad, Vet inte/inte relevant)

- SIO Grafens programkonferenser är värdefulla
- SIO Grafens insatser riktade mot SMF/stora företag (exv. teknikworkshopar, kurser) är värdefulla
- SIO Grafens insatser riktade mot offentliga organisationer (exv. teknikworkshopar, kurser) är värdefulla
- SIO Grafens satsningar på forskarutbildning (exv. forskarskola, forskarprogram) är värdefulla



- SIO Grafens insatser för karakterisering av grafen är ändamålsenliga
- SIO Grafens insatser för standardisering av grafen är ändamålsenliga
- SIO Grafens insatser för att skapa ett svenskt ekosystem för grafen är ändamålsenliga
- SIO Grafens omvärldsbevakning är ändamålsenlig
- SIO Grafen samlar de flesta relevanta aktörerna i Sverige
- SIO Grafens samverkan med andra SIPar är ändamålsenlig
- SIO Grafens samlade verksamhet bidrar till förnyelse av SIO Grafens område(n)
- Jag känner mig som en del av SIO Grafen

Kommentera gärna dina svar:

Vänligen värdera deltagandet i SIO Grafen av följande organisationstyper.

(Alldeles för lågt, För lågt, Lagom, För högt, Alldeles för högt, Vet inte)

- Deltagandet av svenska (Sverigebaserade) SMF är ...
- Deltagandet av svenska (Sverigebaserade) stora företag är ...
- Deltagandet av svenska offentliga organisationer (utöver UoH/institut) är ...
- Deltagandet av utländska organisationer är ...

Kommentera gärna dina svar:

Vänligen värdera följande påståenden om Vinnovas administration av SIO Grafens utlysningar och ansökanberedning.

(Instämmer inte alls, Instämmer i låg grad, Varken instämmer eller instämmer inte, Instämmer i hög grad, Instämmer i mycket hög grad, Vet inte/inte relevant)

- Informationen om utlysningar på Vinnovas hemsida är ändamålsenlig
- Ansökansprocessen, inklusive ansökansportalen, är ändamålsenlig
- Bedömningsprocessen, inklusive bedömningskriterierna, är tydligt beskriven
- Bedömningsprocessen upplevs vara transparent (det är tydligt vem som ansvarar för vad)
- Bedömningsprocessen upplevs vara fri från jäv
- Finansieringsbeslut meddelas inom rimlig tid
- Finansieringsbeslut är tillräckligt motiverade

Kommentera gärna dina svar:

Vänligen värdera följande påståenden om SIO Grafens egen administration.

(Instämmer inte alls, Instämmer i låg grad, Varken instämmer eller instämmer inte, Instämmer i hög grad, Instämmer i mycket hög grad, Vet inte/inte relevant)

- SIO Grafens verksamhet och planer beskrivs på ett ändamålsenligt sätt på dess hemsida
- SIO Grafens närvaro i sociala medier är av ändamålsenlig omfattning
- SIO Grafens arbetssätt för att inhämta behovsägares behov är ändamålsenligt
- SIO Grafen säkerställer att utlysningarna motsvarar behovsägarnas behov
- SIO Grafens information om utlysningar är ändamålsenlig
- SIO Grafens stöd i samband med (potentiell) ansökan är ändamålsenligt
- SIO Grafens stöd under projektgenomförande och rapportering är ändamålsenligt



- SIO Grafens spridning av projektresultat är ändamålsenlig
- Rollfördelningen mellan programkontoret och Vinnova är tydlig

Kommentera gärna dina svar:

Hur betydelsefulla är följande svenska finansiärer av Fol inom SIO Grafens område(n) ur företagets perspektiv?

(Viktig, Mindre viktig, Oviktig, Kan ej bedöma)

- Andra SIPar (inkl. Samverkansprogrammen), Vinnova/Formas/Energimyndigheten
- Vinnova, övriga program (ej SIPar)
- Formas, övriga program (ej SIPar)
- Energimyndigheten, övriga program (ej SIPar)
- Vetenskapsrådet
- Forte
- Stiftelsen för strategisk forskning (SSF)
- Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling (KK-stiftelsen)
- MISTRA Stiftelsen för miljöstrategisk forskning
- Riksbankens jubileumsfond (RJ)
- Trafikverket
- Rymdstyrelsen (SNSB)
- Styrelsen för internationellt utvecklingssamarbete (Sida)
- Naturvårdsverket
- EUs strukturfonder (administrerade av Tillväxtverket)
- Tillväxtverket, övriga program (ej EUs strukturfonder)
- Wallenbergstiftelserna
- Övriga privata fonder och stiftelser
- Annan finansiär – vänligen ange finansiärens namn i kommentarrutan

Kommentera gärna dina svar:

Hur betydelsefulla är följande internationella finansiärer av Fol inom SIO Grafens område(n) ur företagets perspektiv?

(Viktig, Mindre viktig, Oviktig, Kan ej bedöma)

- Nordiska Ministerrådet (inkl. NordForsk, Nordic Innovation och Nordic Energy Research)
- Horizon 2020, Excellent Science (inkl. ERC, MSCA, FET, Research Infrastructures)
- Horizon 2020, Industrial Leadership (inkl. ICT, Space, NMP, KET, Biotech, SMEs, Risk Finance)
- Horizon 2020, Societal Challenges (inkl. Health, Food, Energy, Transport, Environment, Secure Societies)
- Horizon 2020, Cross theme (inkl. Science for Society, Spreading Excellence, Widening Participation)
- Horizon 2020, Joint Undertakings (inkl. PPPs, JTI, Article 187)
- Horizon 2020, EIT Knowledge and Innovation Communities (KICs)



- Graphene Flagship
- European Space Agency (ESA)
- Annan finansiär – vänligen ange finansiärens namn i kommentarrutan

Kommentera gärna dina svar:

Rickard Danell

C.1. Inledning

Den bibliometriska analysens syfte är att teckna en kvantitativ bild av den vetenskapliga publiceringsaktiviteten för forskare aktiva inom SIO Grafen. Avsikten är att belysa publiceringsaktivitetens volym och kvalitet, samt ge en bild av programmets sampubliceringsmönster med svenska och utländska organisationer av olika slag.

C.2. Data och indikatorer

Dataunderlaget utgörs av publikationslistor som har tillhandahållits av Vinnova. Dessa listor baseras på myndighetens enkät till projektledare i avslutade projekt. Alla projektledare har emellertid inte besvarat enkäten och den omfattar alltså inte pågående projekt. Programkontoret har därför fått möjlighet att komplettera listan från Vinnova.

Först korrigerades stavfel i den kompletterade listan och därefter kontrollerades för duplikat bland de rapporterade 72 posterna. Därefter rensades presentationer, magisteruppsatser och avhandlingar samt rapporter på svenska bort, vilket resulterade i 25 kvarvarande publikationer varav 10 återfanns i Scopus. De flesta poster som inte har återfunnits är konferenspublikationer för vilka det är svårt att avgöra om de är publicerade i någon konferensserie eller ej, varför det är svårt att göra en bortfallsanalys.

Tre indikatorer har använts för att beskriva programmets samlade publiceringsaktivitet:

- Antal publikationer i tidskrifter och konferensserier per år för att karakterisera produktivitet
- Adressfraktioner för författare till publikationerna för att beskriva i vilken utsträckning publikationerna har producerats i samverkan mellan olika slags organisationer (även i utlandet). Om tre olika adresser återfinns för en publikation så tillskrivs varje adress en tredjedels publikation
- SNIP-indikatorn (Source Normalized Impact per Paper⁵⁸), som kan användas för att jämföra tidskrifter inom och mellan olika ämnesområden, har använts för att uppskatta publikationernas konkurrenskraft ("kvalitet"). SNIP-värdet beräknas av CWTS vid Leidens universitet för tidskrifter, konferensserier och bokserier. I syfte att gruppera publikationerna i olika publiceringsstrata har den nedre kvartilen, medianen och den övre kvartilen beräknats för alla tidskrifter och konferensserier i CWTS lista. Programmets publikationer har därefter klassificerats i fyra publiceringsstrata:
 - Stratum 1 utgörs av publikationer publicerade i tidskrifter eller konferensserier vars SNIP-värde är mindre än eller lika med den nedre kvartilen
 - Stratum 2 utgörs av de publikationer som återfinns i serier med ett SNIP-värde som är större än den nedre kvartilen men mindre än eller lika med medianen
 - Stratum 3 utgörs av de publikationer vars SNIP-värde är större än medianen men mindre än eller lika med den övre kvartilen
 - Stratum 4 utgörs av de publikationer vars SNIP-värde är större än den övre kvartilen

⁵⁸ Waltman et al., 2013. "Some modifications to the SNIP journal impact indicator", *Journal of Informetrics*, Vol. 7, No. 2, s. 272-285.

Indelning av tidskrifter och konferensserier enligt ovanstående procedur i fyra publiceringsstrata innebär att vi kan tala om en förväntad andel publikationer i varje stratum på cirka 25 procent, d.v.s. att om programmets publikationer är slumpmässigt fördelade i CWTS lista så förväntar vi oss att återfinna 25 procent av publikationerna i varje stratum. Det bör noteras att när det gäller konferenser beräknas SNIP-värde i första hand för publicerade konferensserier, d.v.s. konferenspublikationer med ISSN. Av programmets 8 tidskriftspublikationer saknar 1 SNIP-värde och är därför inte placerad i något publiceringsstratum.

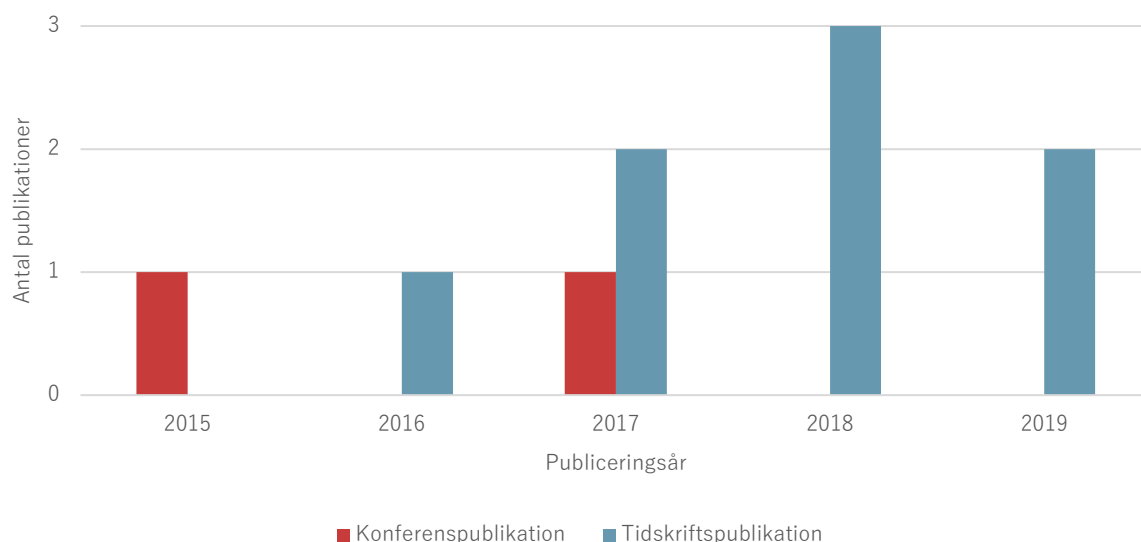
C.3. Resultat

Tabell 4 redovisar antalet publikationer per år i tidskrifter och konferensserier. Figur 46 visar att det t.o.m. 2018 fanns en ökande trend för publikationer i tidskrifter. Sannolikt har en del av 2020 års resultat ännu inte publicerats, vilket troligtvis kommer att leda till viss justering av antalet publikationer under kommande år.

Tabell 5 Programmets publikationer fördelade på år och publikationstyp.

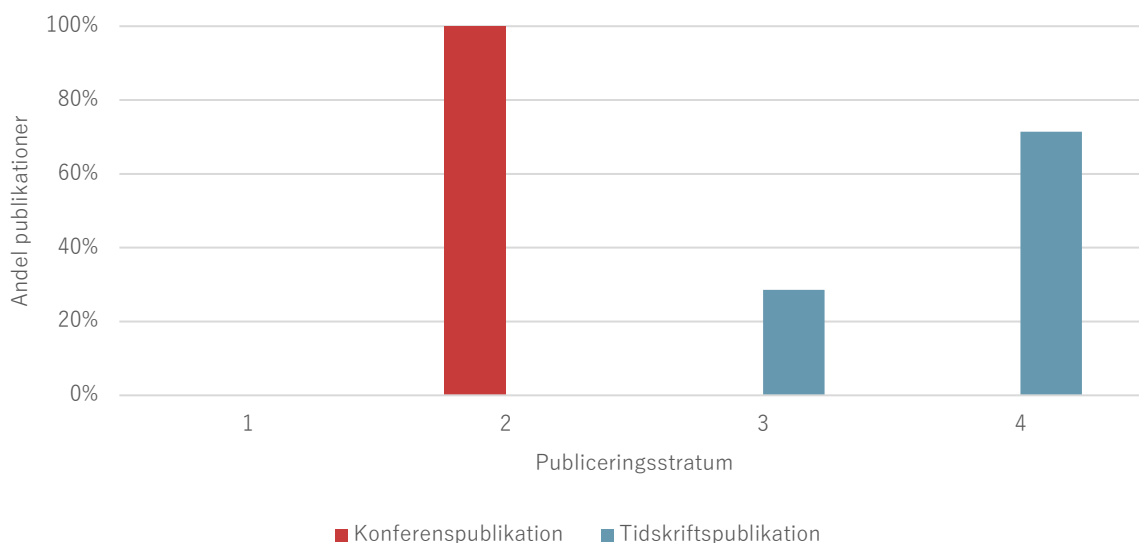
Publiceringsår	Tidskriftspublikation	Konferenspublikation	Summa
2015	0	1	1
2016	1	0	1
2017	2	1	3
2018	3	0	3
2019	2	0	2
Summa	8	2	10

Figur 46 Programmets publikationer fördelade på år och publikationstyp.



Figur 47 visar programmets publikationer fördelade på de fyra publiceringsstratumen. Figuren illustrerar att tidskriftspublikationerna primärt återfinns i det högsta stratomet, vilket indikerar hög vetenskaplig kvalitet. Att de två publikationerna i konferensserier återfinns i stratum 2 indikerar på motsvarande sätt en vetenskaplig kvalitet under medianen. I stratum 1 återfinns ingen publikation. Notera att en tidskriftspublikation saknar SNIP-värde (den ingår således inte i beräkningen).

Figur 47 Programmens publikationer fördelade på publiceringsstrata.



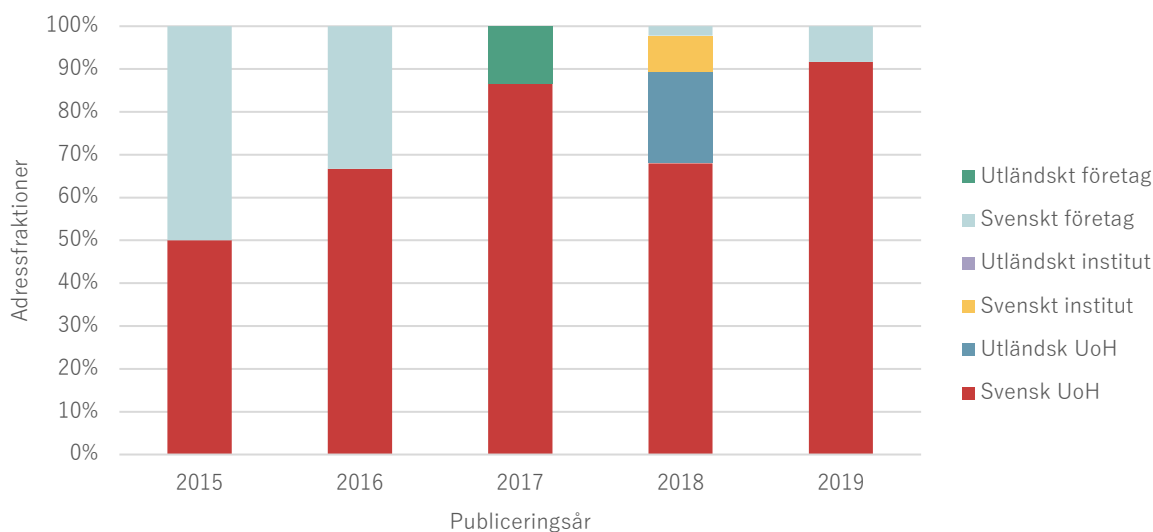
Tabell 5 redovisar summan av adressfraktioner för publikationer i tidskrifter och konferensserier fördelade på aktörstyp. Universitetsförfattare är med mycket bred marginal vanligast förekommande (83 % av adressfraktioner), följda av författare från företag (15 %) och forskningsinstitut (3 %). (Det finns inga författare från offentlig sektor). Författare från företag och forskningsinstitut förekommer främst som medförfattare till publikationer i vetenskapliga tidskrifter.

Tabell 6 Aktörstypernas bidrag till programmets publikationer.

Aktörstyp	Tidskriftspublikation	Konferenspublikation	Summa
Universitet	6,8	1,5	8,3
Företag	1,0	0,5	1,5
Forskningsinstitut	0,3	0,0	0,3
Offentlig sektor	0,0	0,0	0,0
Summa	8	2	10

Figur 48 visar de relativa bidragen från svenska och utländska organisationstyper till programmets publikationer. Totalt sett representerar 10 % av alla författare utländska organisationer (mätt i adressfraktioner). Bland universitetsförfattarna dominerar de vid svenska lärosäten med 92 % kraftigt över sina utländska kollegor. Motsvarande relationer är 100 % för svenskbaserade institut och 72 % för svenskbaserade företag. Bidragen från svenskbaserade företag är större än bidraget från utländska universitet. Bland företagen är Graphensic AB vanligast förekommande med 38 % av svenska företagsförfattarfraktioner, se Tabell 6. Endast ett företag med utländsk adress förekommer i programmets publikationer (ABB Corporate Research Center, Poland).

Figur 48 Svenska och utländska organisationstypers bidrag till programmets publikationer.



Tabell 7 Företag som bidragit till programmets publikationer.

Företag	Summa adressfraktioner
<i>Företag med svensk adress</i>	
Graphensic AB	0,40
Ericsson Research	0,33
WellSpect Healthcare	0,17
Acreo Swedish ICT AB	0,10
SHT Smart High Tech AB	0,07
<i>Summa företag med svensk adress</i>	<i>1,07</i>
<i>Företag med utländsk adress</i>	
ABB Corporate Research Center, Poland	0,40
<i>Summa företag med utländsk adress</i>	<i>0,40</i>
Summa alla företag	1,47

C.4. Sammanfattning

För de 10 av programmets publikationer som har återfunnits i Scopus visar den bibliometriska analysen sammanfattningsvis att:

- Det fanns en ökande trend över tid (t.o.m. 2018) för publikationer med tydlig tonvikt på publikationer i tidskrifter
- Publikationer av hög vetenskaplig kvalitet dominerar tidskriftspublikationerna
- Författare från svenska universitet dominerar med mycket bred marginal, följda av författare från företag. Det finns inga medförfattare från offentlig sektor
- Författare från svenska företag återfinns endast i publikationer i vetenskapliga tidskrifter
- Andelen utländska medförfattare är relativt blygsam

C.5. Tabellbilagor

Tabell 8 Publikationer, genomsnittliga SNIP-värden och citeringar för aktuella konferensserier.

Konferensserier	Antal publikationer	SNIP (medelvärde)	Antal citeringar
Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering	1	0,381	2
Proceedings of the IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)	1	0,443	1
Summa	2	0,412	3

Tabell 9 Publikationer, genomsnittliga SNIP-värden och citeringar för aktuella tidskrifter.

Tidskrifter	Antal publikationer	SNIP (medelvärde)	Antal citeringar
ACS Applied Materials and Interfaces	1	1,539	1
ACS Applied Nano Materials	1		3
IEEE Access	1	1,977	10
New Journal of Chemistry	1	0,724	2
Polymers	2	1,218	68
RSC Advances	1	0,785	1
Small	1	1,593	26
Summa	8	1,294	111

Bilaga D Sakkunnig bedömning

Carita Kvarnström, Professor, Materials Chemistry and Chemical Analysis, University of Turku

Peter Bøggild, Professor, Department of Physics, Technical University of Denmark

D.1. Inledning

Vår rapport bygger dels på ett tvådagars digitalt platsbesök med SIPen 2020-06-09—10, dels på en analys av följande dokument:

- SIPens egen introduktion till området
- SIPens agenda och programlogik
- SIPens treårssjälvvärdering
- SIPens sexårssjälvvärdering
- Vinnovas analys av beviljade stöd och medfinansiering
- Vinnovas utlysningstexter för genomförda utlysningar
- Sammanfattningar av ansökningar till alla beviljade projekt
- 20 ansökningar till beviljade projekt, varav programkontoret valt ut hälften och resten valts slumpmässigt (se avsnitt D.5)
- Bibliometrisk analys av SIPens vetenskapliga produktion (se Bilaga C)
- Ansökningar och slutrapporter för tio projekt, varav nio⁵⁹ presenterades vid platsbesöket (se avsnitt D.5)

Under platsbesöket presenterade programkontoret SIPens sexårssjälvvärdering och därefter presenterades nio projekt (per videolänk). Vi fick möjlighet att ställa frågor till de nio presentatörerna.

D.2. Programstrategi, organisation och implementering

Vår bedömning är att SIO Grafens mål är relevanta givet såväl agendor som programlogik. Tack vare Graphene Flagship var Sverige redan innan en etablerad aktör inom den globala grafenforskningen. Med det sagt är SIO Grafens mål relevanta och hjälper till att utstaka hur Sverige ska få konkurrensfördelar inom grafen och ta fram nya produkter. Ett av de viktigaste målen är att utveckla (och skapa) inhemsk produktion av såväl speciella grafenmaterial som av ren grafen så att Sverige utifrån ett marknadsbehov kan vara självförsörjande. Om inte detta är möjligt behöver materialtillgången säkras genom nära samarbete med utländska aktörer. Eftersom Sverige är ett litet land som inte kan konkurrera inom områden där stora länder (såsom Kina) är starka, innebär att Sverige behöver ett "specialistkunnande" för att vara internationellt konkurrenskraftigt. Innovationsprojektens löptid är kort, och bygger på forskning vars inriktning sannolikt påverkats av exempelvis Vetenskapsrådets fokusområden. Små nischer med specialistkunnande kan generera *start up*-verksamhet som på så vis bidrar till att nå mål om ökad export.

Samtliga fyra övergripande målområden är relevanta givet senaste agendan. Målet om att skapa hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar är mycket brett. Inom detta mål bör det fokuseras på att exempelvis hitta tillämpningar som medför en renare och bättre miljö (kopplat till Skandinavien), det vill säga tillämpningar där grafenmaterial kan ersätta ett annat material som är

⁵⁹ En inplanerad presentatör uteblev.



miljöfarligt, dyrt, energikonsumerande eller som inte finns i stora mängder. Detta gäller exempelvis indium-tenn-oxid (ITO), olika material i solceller, batterier och kondensatorer, smörjmedelkomponenter etc.

Programmets organisation håller hög kvalitet, och de ställda målen efterföljs väl via programmets valda aktiviteter. Även delmålen är överlag väl utformade – de är relevanta, konkreta och mätbara. Däremot är delmålet (i senaste agendan) om att "Alla innovationsområdets aktörer arbetar aktivt mot den gemensamma visionen" för vagt formulerat, och det bör således konkretiseras. Därtill framgår inte heller på vilka sätt som kunskapsöverföring ska ske mellan olika delar av värdekedjan (utanför projektkonsortier). Utifrån den projektporföljningsanalys vi gjort framgår att flera av projekten inte har en tydlig plan för kunskaps- och resultatspridning utanför projekten. Även om det inom ett konkurrensutsatt område behövs skydd av företagshemligheter och immaterialrätt så är det viktigt att den generiska kunskapsuppbyggnaden som projekten bidrar till tas tillvara av andra svenska aktörer inom området. Även om programmets övriga aktiviteter bidrar till att främja samarbete och kunskapsöverföring mellan såväl aktörer som projekt bör SIO Grafen förtydliga om förväntan är att samtliga projekt ska bidra till kunskaps- och resultatspridning (utanför projektkonsortiet) och i så fall på vilka sätt detta ska ske. Med detta sagt är den sammantagna bedömningen att målen signalerar programmets tydliga och starka ambitioner.

Vi anser att SIO Grafen i högre utsträckning bör fokusera på insatser kopplade till standardisering och kvalitetssäkring samt karakterisering. Detta för att säkerställa att svenskt grafenmaterial är av hög kvalitet, för att på så vis öka tilliten för materialet. Exempelvis är det viktigt att fokusera på att kvalitetssäkra olika typer av grafenmaterial, och deras olika ingredienser. Det är också viktigt att standardisera metoder för kvalitetssäkring och karakterisering; detta är redan i fokus i SIO Grafens nya agenda, men det är viktigt att ord blir till handling, så att de många aktörer som karakteriserar grafen använder samma metoder och samma mätprotokoll för att skapa jämförbara och robusta resultat.

SIO Grafen grundades i rätt tid – sett till den globala grafenforskningen – och parallellt med Graphene Flagship, vilket är viktigt sett till marknadspotential. SIO Grafen och Graphene Flagship verkar parallellt, det vill säga kompletterande och inte konkurrerande. Samspelet mellan flaggskeppet och SIO Grafen kommer att vara en stark faktor även under kommande programperioder. Även om Graphene Flagship verkar på något lägre teknikmognadsnivåer ökar fokus på innovation och kommersialisering inom flaggskeppet, exempelvis genom fler "spjutspetsprojekt" med konkret kommersialiseringfokus. SIO Grafen bör därför ha en tydlig strategi hur programmet förhåller sig till Graphene Flagship, så att programmet även fortsättningsvis kompletterar och inte konkurrerar med flaggskeppet.

Inom grafenområdet är det en svår avvägning mellan att antingen satsa på lågrisktillämpningar *low/medium tech* på höga TRL eller på tillämpningar med högre risk *medium/high tech* på lägre TRL som är längre ifrån marknaden men potentiellt mer disruptiva. Utifrån vår projektporföljningsanalys kan vi konstatera att denna domineras av projekt som avser lågrisktillämpningar, såsom smörjmedel, korrosion, betongtillsatser, kompositser och beläggningar. Dessa projekt kan leda till nya produkter, men i de flesta fall nyttjas endast några få egenskaper hos grafen; antingen vikten, de tribologiska egenskaperna eller den mekaniska hållfastheten. Även om exempelvis kompositprojekt ofta svarar mot stora hållbarhetsrelaterade samhällsutmaningar är projekten överlag sällan disruptiva. Tillämpningar inom elektronikområdet och inom energilagring och -konvertering nyttjar även grafenets elektriska och termiska ledningsförmåga (utöver vikt, tribologiska egenskaper och mekanisk hållfasthet). Dessa tillämpningar har därför en större inverkan på teknologi, framställningssätt och miljön (mindre energiåtgång och utsläpp av miljöfarliga föroreningar). Även tillämpningar som använder sig av tvådimensionell grafen är potentiellt mer disruptiva, såsom sensorer, fotonik, kommunikation, biotech etc.

Med det sagt rymmer projektportföljen projekt som bidrar till såväl inkrementella förbättringar som till mer radikala och systemiska förändringar. Eftersom grafenområdet är ungt är det viktigt att på kort sikt få fram kommersiella framgångsexempel. Kortare och mer realistiska projekt bidrar till demonstratorer, produkter och erfarenheter som legitimerar SIO Grafens verksamhet. Det i sin tur bidrar till att bygga aktörsnätverk och att företag kan göra vinst genom grafenteknologi, vilket i sin tur möjliggör för mer innovativa och disruptiva grafentillämpningar. I Sverige ser vi möjlighet till fler högriskprojekt inom områden som elektronik, IoT (Internet of Things), sensorer, solceller, kommunikation etc,

Vi bedömer att aktiviteterna är väl genomtänkta givet agendor och programlogik. De enskilda aktiviteterna är tydligt utformade, relevanta och valda med omsorg. Vi vill bland annat framhäva följande lyckade val av aktiviteter: *business case*-workshopar, kvalitetskontroll som inbegriper stöd och fri tillgång (*open access*) till karakteriseringsdata, internationalisering, stöd för IP-hantering, testbäddsprogram (LIGHTest) samt stöd för projekt på låga TRL.

Vi ser dock att det finns behov av ökade insatser för standardisering och kvalitetssäkring. Med andra ord: Hur ska karakterisering gå till? Hur ska resultaten jämföras? Hur ska företag avgöra vilken typ av grafen som de ska använda, och vilka grafenmaterial kan ersätta varandra? Dessa frågeställningar är centrala för att höja mognadsnivån inom flera branscher. Avsaknaden av standarder riskerar att skapa misstro och otrygghet för att använda grafen som material. Detta är ett globalt problem, och inte bara för SIO Grafen och Sverige, men det är just därför det är en uppenbar möjlighet att öka den internationella konkurrenskraften och effekten av SIO Grafen. Eftersom SIO Grafen bidrar till att skapa gemenskap, förtroende och framsteg som kan lägga grunden för Sveriges ledande position i världen, så är det viktigt att standardisering och kvalitetssäkring finns på dagordningen: det vill säga standardisering av material och utvärderingsmetoder (karakterisering). Även om initiativ som *round robin*-testning är viktiga bör standardisering av material och produktionsprocesser ges större vikt i agenda, mål och aktiviteter. I arbetet med standardisering är det även viktigt med internationella kontakter och samarbeten.

Ett annat förslag på ytterligare aktivitet är insatser som främjar öppen tillgång till data (*open access*) innan resultat når en mognadsnivå som kräver immaterialrättsligt skydd. Detta skulle exempelvis möjliggöra för studenter att pröva sina idéer, men kan även spara tid och resurser för områdets aktörer och fungera som motor för vidare finansiering.

Projektportföljen å sin sida består mestadels av mer tillämpningsinriktade Fol-projekt, vilket följer SIO Grafens agenda. Det är därför en låg andel mer grundforskningsinriktade projekt. Vi anser dock att detta är naturligt eftersom forskning och innovation behöver ha kommit förbi detta stadium för att möjliggöra att projekten når prototyp-stadiet och slutligen kommersialisering.

Med all tydlighet framgår att projekten tillhör något av programmets styrkeområden (som över tid förändrats). Bioteknik är det område som är minst representerat bland projekten. Exempelvis är bioapplikationerna underrepresenterade, speciellt sensorer av olika slag. Vi bedömer det som positivt att tillverkning av grafenmaterial ryms inom projektportföljen även om tillverkningen domineras av utvinning av mineraler. Fokus på tillverkning av grafenmaterial från naturliga biprodukter kunde därför vara större. Av de projekt som ingått i projektportföljanalysen har vi sett få exempel på tillverkning av grafen från återvunnet material (cellulosa, lignin, bioavfall etc.). Vi tror dock att Sverige på sikt skulle kunna profilera sig i effektiv och miljövänlig framställning av grafen. Projektportföljen domineras av projekt avseende kompositmaterial och som beläggningsmaterial, vilket är naturligt eftersom tillämpningsområdet är brett. Vidare rör projekten till största del utveckling av specialprodukter (korrosionsförhindrande beläggning, smörjmedel, friktionsreducerande beläggning, termiskt ledande lim etc.) innehållande funktionaliserat grafen, vilket överensstämmer med programmets mål om att göra Sverige till en betydande producent av

grafeninnehållande produkter. Slutligen är det relativt få projekt som avser tillämpningar där grafenets fulla potential utnyttjas, inklusive dess elektriska ledningsförmåga.

Vi ser inte några tendenser till inlåsningseffekter i SIO Grafen, och vi bedömer även att det är god spridning av aktörer inom programmet, även geografiskt sett. Vi finner att det är naturligt att både Chalmers och RISE har en förhållandevis stor roll inom programmet, bland annat då Chalmers har en central position för forskning kring grafen och andra 2D-material i Sverige. Vidare är det viktigt med stor spridning mellan aktörskategorier inom programmet, och att programmet exempelvis bidrar till att skapa kontakter mellan stora företag och SMF. Vi bedömer det som mycket viktigt att stora företag deltar i projekten då de fungerar som motor som ökar programmets trovärdighet och möjliggör uppskalning av verksamheten. Stora företag är också viktiga för att få tillgång till extern finansiering och på så vis utveckla idéer till färdiga produkter. Samtidigt finns risk att stora företags intressen i alltför stor utsträckning styr programmets inriktning. Det är alltid en utmaning för små innovativa företag att konkurrera med stora i öppna utlysningar av detta slag.

Överlag är vår bedömning att projektportföljen utgår från industriella behov, det vill säga inte nyfikenhetsstyrd forskning, även om det finns ganska få projekt(idéer) med hög risk.

Som vi tidigare har antytt bedömer vi att spridningen av aktörer är rimlig. Exempelvis deltar såväl innovativa *high tech*-företag som mer etablerade företag. Standardiseringsorganisationer (såsom Svenska institutet för standarder (SIS)) samt stora företag som Ericsson skulle kunna ha större roller i programmet.

Överlag är en stark internationalisering viktig för programmet. Multinationella företag med stora finansiella resurser behövs för att ta innovationer vidare mot kommersialisering. Detta är samtidigt avhängigt projektens nischer. Inom energi- och elektronikindustrin är konkurrensen så stor att projekten bör genomföras i samarbete med internationella aktörer med anknytning till/dotterbolag i Sverige. Sådana projekt finns också i projektportföljen, exempelvis ABB och Volvoföretagen.

Vi bedömer dock att de svenska aktörerna i programmet i högre utsträckning skulle kunna dra nytta av att samarbeta med utländska aktörer. Detta för att undvika inlåsning av det svenska ekosystemet, det vill säga ett ekosystem utan kontakt med de främsta utländska företagen/forskningsmiljöerna/organisationerna, de mest innovativa avknopningsföretagen/*start ups* samt till större europeiska organisationer. Inlåsning av det svenska ekosystemet skulle försvåra att nå ut med produkter till en europeisk marknad. Att samarbeta med utländska aktörer medför vissa risker för svenska aktörer, och kan vara krångligt (på grund av immaterialrättsfrågor), men det är även riskabelt att inte samarbeta med utländska aktörer, och en inlåsning ekosystemet skulle kunna försvåra för rekrytering av utländsk kompetens och sedermera för import av kunskap.

Det är förstås väldigt svårt för ett enskilt program att styra så att svenska aktörer samarbetar med utländska aktörer. Med det sagt bör SIO Grafen fundera över hur programmet i högre utsträckning skulle kunna främja internationalisering eftersom det behövs. Exempelvis skulle programmet kunna initiera bilaterala relationer med andra forskningsprogram, gemensamma utlysningar, utbytesprogram etc. Graphene Flagship kan även fungera som dörröppnare till utländska aktörer.

Med anledning av grafenets användning så finns en naturlig koppling till andra satsningar inom bil- och fordonsindustrin i och med att Sverige har stora företag som Volvoföretagen och Saab. Det finns även koppling till utveckling av batterier och lätta hållfasta material, till textilindustrin med integrerade sensorer i tyger samt till katalysmaterialtillämpningar (CO₂-konvertering). Vi ser även att det är viktigt med en satsning på batterier.

Programmet kan med fördel samarbeta med andra SIPar, såsom Smartare Elektroniksystem, BioInnovation, Medtech4health. För att stimulera till mer aktivitet inom arkgrafen (elektronik/sensorer/biotillämpningar) så kan även Viable Cities vara intressant.

Grafen som forskningsområde är mycket snabbt växande, vilket kräver följsamhet och flexibilitet hos finansörerna och framförallt hos aktörerna. Industriella behov inom området ändras relativt snabbt åtminstone i initieringsfasen. SIO Grafen har på ett förtjänstfullt sätt modifierat sina styrkeområden under programmets gång. De beviljade projekten följer troligtvis svensk industris direkta behov vilka främst är tillverkning av kompositmaterial och beläggningar. Dessa projekt har möjlighet att på förhållandevis kort sikt få fram produkter för kommersialisering. Det i sin tur gör det enklare att få företag intresserade och uppmuntrar dem att fortsätta när de lyckas få fram färdiga produkter. Däremot är dessa hårt konkurrensutsatta områden och konkurrensen från exempelvis företag i Kina och övriga Europa inom området kompositmaterial är tuff, både avseende tillsatser med och utan grafen. Däremot fokuserar SIO Grafen i mindre utsträckning på energi och bioteknik. Det kan dock hända att andra SIPar med tyngdpunkt på de två senare nämnda områdena innefattar projekt där grafen ingår.

Vår bedömning är ändå att det kan vara strategiskt för SIO Grafen att rikta in sig på områden som är mindre konkurrensutsatta, såsom projektet om kryokylare som kombinerar grafenmaterial med en unik tillämpning, vilket har lett till stor internationell uppmärksamhet. SIO Grafen kan även stimulera ytterligare till internationella samarbeten. I programmets projekt deltar nästan uteslutande svenska aktörer. Detta kan leda till en alltför smal inriktning för programmet där projektens frågeställningar och sedermera lösningar inte möter utländska företags behov och utmaningar. Det krävs mycket arbete för att analysera och följa den internationella forsknings- och marknadsutvecklingen inom SIO Grafens områden.

Återigen vill vi lyfta fram behovet av förstärkt fokus på standardisering av material och karakteriseringsmetoder. För att Sverige ska kunna bli ett av världens 10 ledande länder inom området behöver programmet stötta svenska företag i detta, vilket är en nödvändighet för svenska företags internationella konkurrenskraft. Det är på så vis viktigt att programmet följer den internationella utvecklingen inom standardisering, och exempelvis samarbetar med andra internationella aktörer om standardisering och karakterisering.

Sammantaget står sig SIO Grafen bra, och bidrar till Sveriges status som ett grafen-land, vilket också understöds av att Graphene Flagship koordineras från Sverige.

Relevanta satsningar i andra länder berör exempelvis smart buildings (Mellanöstern). återvinning av CO₂, energilagring samt att använda grafen och dopad grafen som katalysator.

SIO Grafen bör samverka med Graphene Flagship dels om den pilotlina som byggts upp inom flaggskeppet, dels om frågor rörande standardisering. Exempelvis skulle svenska aktörer gynnas av att få ta del av det tankesätt som skapats inom pilotlinan, vilket är ett resultat av flera års arbete. Det vore även önskvärt med ytterligare samarbeten med Graphene Flagship i det fall enskilda svenska projektconsortier saknar tillräckliga ekonomiska resurser.

Vi rekommenderar att SIO Grafen studerar och lär av de största innovationsprogrammen i Storbritannien, Sydkorea och Kina. Detta betyder inte att SIO Grafen inte gör det tillräckligt bra, eller att programmets strategi inte är den rätta, men det finns alltid något att lära sig genom att titta på vad andra gör (de kloka försöker alltid bli smartare). Vi ser inte att SIO Grafen har någon aktivitet för att besöka andra länder för att studera deras innovationsprogram och därmed bli inspirerad och ännu mer skicklig. Däremot avser programmet att undersöka möjligheter kring affärssamarbeten som andra program har byggt upp med exempelvis Brasilien och Indien, och på så vis vidareutveckla grafenrelaterad samverkan. Med det sagt har programmet en unik möjlighet att bli bland världens bästa innovationsprogram inom grafenområdet, vilket också bör vara programmets uttalade ambition. Programmet är redan idag väldigt bra, så det är en realistisk ambition.

I flera projekt har utlandsbaserade multinationella bolag deltagit, vilket innebär att projekten når ut långt. Det är även ett bevis på att grafenforskningen i Sverige är värd att satsa på för utländska

aktörer, och att projekten är relevanta avseende potentiell kommersialisering. Globalt sett har storsatsningar på grafen gjorts i olika energi- och elektronikrelaterade tillämpningar, såsom Wearable Energy Sources (Beijing Graphene Institute, Kina), Nanotech Energies (Los Angeles, USA), KIST (Korea Institute of Science and Technology, Sydkorea) och KAIST (Korea Advanced Institute, Sydkorea) samt Samsungs och LG Electronics intresse i grafens potential i elektronik. Detta innebär att områdena energi och elektronik är mycket hårt konkurrensutsatta områden och det kan därför vara svårt för mindre aktörer att slå sig fram inom dessa. SIO Grafen har lyckats hitta områden där ett specialistkunnande har utvecklats (exempelvis grafenkompositframställning för specifika ändamål) och har troligen mött de industriella behov som finns.

Sammantaget är SIO Grafens projektportfölj relativt stark med många lovande projekt. I portföljen ryms många små projekt, och för att jämföra och samarbeta på lika villkor med europeiska forskningsprogram kan det därför vara nödvändigt att undersöka möjligheterna att ge ett urval av dessa ytterligare resurser för att de ska kunna nå tillräckligt långt för att nå frontlinjen. Detta kan till och med hända under ett projekts genomförande när tekniska genombrott inträffar. Fokus för programmet är på svenska aktörer, men det bör öppnas ytterligare för att involvera fler utländska företag och organisationer, och på så vis göra svensk FoU mer konkurrenskraftig och för att hitta lönsamma nischlösningar.

Det är en god idé att samarbeta med såväl andra länder (exv. graphene hubs i Cambridge och Manchester samt motsvarande forskningsmiljöer i Tyskland) som med Graphene Flagship för att se vad de gör bra respektive mindre bra. För att samarbeta med andra länder är det viktigt att Sverige erbjuder något unikt. I Sverige finns exempelvis goda möjligheter till samverkan mellan olika aktörskategorier (såsom akademi och företag) och mellan SMF, vilket programmet bör nyttja. Programmet bör därför vara öppet för gemensamma projekt med andra länder, som exempelvis kan vara bilateralt finansierade. Sammanfattningsvis är programmet framgångsrikt givet sina förutsättningar.

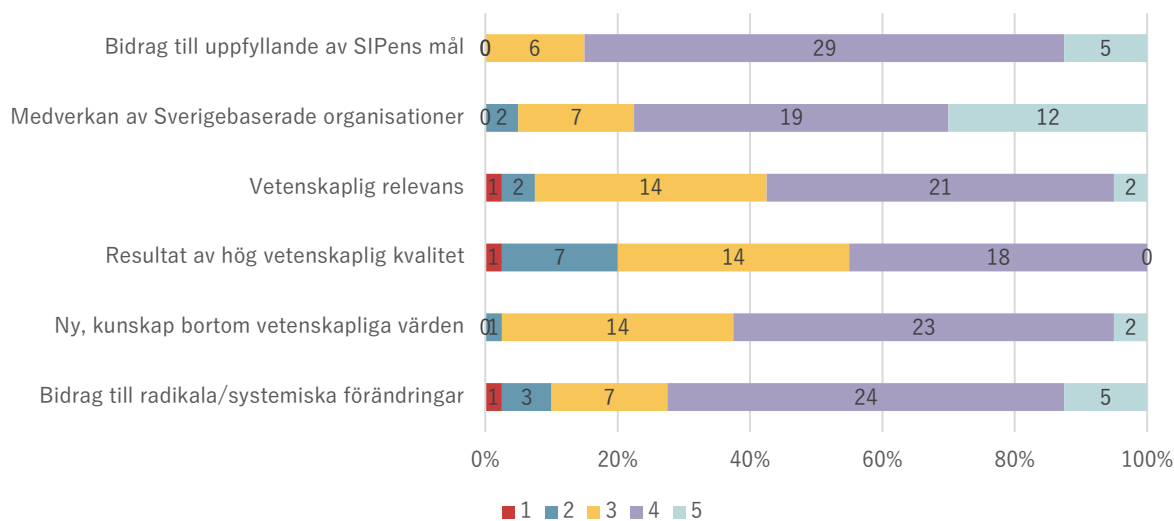
D.3. Projektportfölj

De 20 projekt som vi har analyserat är överlag i linje med SIO Grafens agenda och programlogik, håller en hög nivå och är rimligt sammansatta. Många av de avslutade projekten har resulterat i färdiga produkter som också är av internationellt intresse. Många sektorer är representerade såsom textil-, pappers-, fordons, elektronik/energi- och polymerkompositindustrierna. En viss nationell konkurrens inom några branscher (exv. smörjmedel) kan dock ha uppstått. Fordons- och energibranscherna är hårt konkurrensutsatta och kräver internationellt samarbete för att kunna lyckas. Icke-FoU projekt har berört den mycket viktiga standardisering av grafen material, samt projekt där behovet inom olika sektorer undersökts (var grafen kan få sitt största genombrott). Den snabba forskningstakten medför att nya vinklar har uppmärksammats och programmet har modifierat utlysningarna på ett flexibelt sätt och därmed följt utvecklingen inom området.

Eftersom vi endast har bedömt ett urval av SIO Grafens projekt så vill vi att våra slutsatser om projektportföljen tolkas med viss försiktighet. Figur 49 visar bedömningen av de 20 projektansökningar som vi studerade på distans. Figur 50 illustrerar bedömningen av de tio⁶⁰ projekt som presenterades vid det digitala platsbesöket, vilka även analyserats i förväg utifrån projektansökningar och slutrapporter (om sådana fanns). I båda figurerna redovisas båda experternas bedömningar, vilket innebär två datapunkter per projekt i respektive figur.

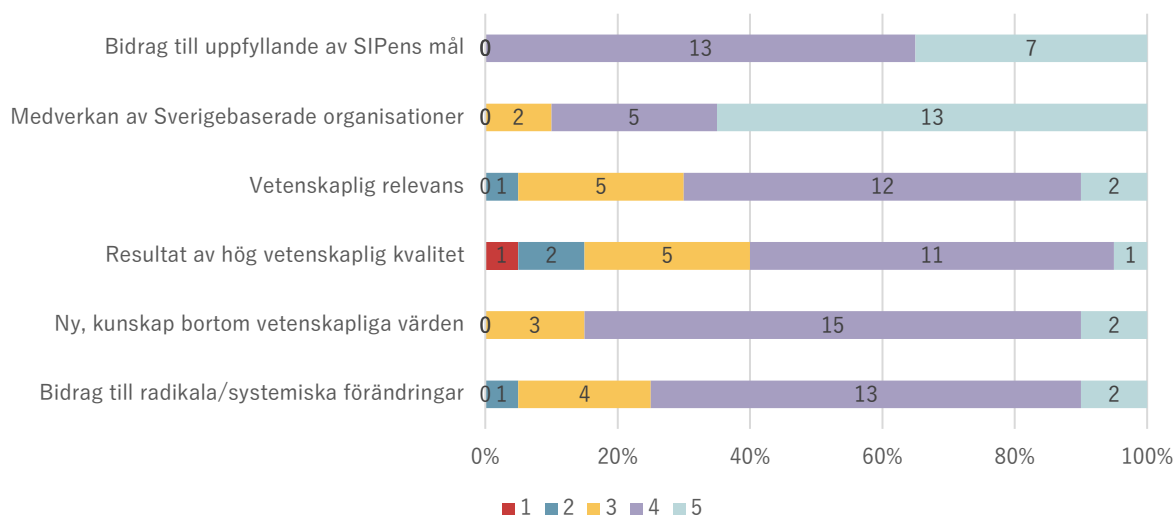
⁶⁰ En projektpresentation ställdes in, vilket innebär att endast nio projekt presenterades. För de tionde projektet kvarstår bedömningen som vi gjort utifrån ansökan och slutrapport.

Figur 49 Experternas bedömning av 20 beviljade ansökningar⁶¹.



Källa: Sakexperternas bedömningar.

Figur 50 Experternas bedömning av tio presenterade projekt.



Källa: Sakexperternas bedömningar.

Vi anser att samtliga projekt som vi har bedömt bidrar till uppfyllande av SIO Grafens mål och nästan samtliga projekt har fått någon av de två högsta bedömningarna (se Figur 1 och Figur 2). Sammantaget bidrar projekten till att skapa ny svensk grafenkunskap och -teknologi samt till viktig kunskapsöverföring mellan aktörer längs värdekedjan. Flera projekt främjar svensk grafentillverkning, vilket på sikt kan såväl säkra svensk grafentillgång som skapa nya arbetstillfällen. I vissa fall finns hela produktionskedjan representerad i projekten. Av dessa anledningar skapar projekten förutsättningar för kommersialisering av nya svenska grafenprodukter. Det är även värt

⁶¹ Bedömningen har gjorts på skalan 1–5, där 1 är lägst och 5 är högst. Halva poäng är avrundade uppåt; t.ex. faller bedömningen 3,5 och 4 i samma intervall i figuren.

att poängtera att vissa projekt undersöker möjligheten att ta fram mer miljövänliga lösningar än vad som nu används.

I en klar majoritet av projekten medverkar relevanta Sverigebaserade organisationer (se Figur 1 och Figur 2). Vår bedömning är att de allra flesta projekt utgår från en ändamålsenlig aktörskonstellation – som inte sällan har relevant tidigare erfarenhet. Exempelvis ingår det i många projekt aktörskategorier med kompletterande kompetens, exempelvis företag med olika roller inom värdekedjan samt FoU-utförare. Detta kan yttra sig i att projekten involverar aktörer längs kedjan från forskning till testning av prototyp, eller för den delen hela kedjan från produktion till tillämpningsförsök i slutlig produkt. I vissa fall är dock projektkonsortier relativt små och kunde involvera ytterligare någon aktör. Ibland är det även något otydligt i vilken utsträckning de olika aktörerna reellt är engagerade i projekten.

Vi bedömer att en majoritet av projekten är vetenskapligt relevanta och att dessa bidrar till att skapa vetenskapliga värden (se Figur 1 och Figur 2). Med det sagt så är tyngdpunkten i portföljen på innovation och produktutveckling och inte på att skapa nya vetenskapliga resultat, även om gränsen mellan dessa två är svår att definiera för teknisk forskning. Även om en del projekt koncept är mindre nydanande så kan dessa ändå bidra med "nyttig" forskning, såsom med referensdata, ny kunskap om grafenets egenskaper (som kan tillämpas inom andra områden), nya mätmetoder och nya framställningstekniker. På så vis sker en vidareutveckling som kan vara av vetenskapligt värde. Dessa projekt är också i många fall nydanande för branschen då de visar hur grafenets unika egenskaper kan användas, såsom dess elektriska, termiska och mekaniska egenskaper. Det finns även projekt vars frågeställningar är innovativa och nydanande, exempelvis avseende tillämpningsområden, eller för den delen testar nya tillvägagångssätt för att integrera grafen i olika material.

Som tidigare nämnt så är fokus i projekten på produktutveckling och inte att ta fram ny vetenskaplig kunskap, därav de något lägre omdömena för staplarna om vetenskaplig kvalitet (Figur 1 och Figur 2). Projekt som tar fram ny kunskap om grafenmaterialet som kan vara intressant inom olika tillämpningsområden samt som testar grafenets olika egenskaper lär sannolikt bidra med vetenskapligt värdefull information. I flera projekt ingår även forskargrupper med mycket god erfarenhet inom området. Därtill förväntas flera projekt leda till vetenskapliga publikationer.

Som illustreras i Figur 1 och Figur 2 så bedömer vi att de flesta projekt förväntas generera ny internationellt gångbar kunskap bortom vetenskapliga värden. I Figur 2 återfinns nästan 90 procent av bedömningarna i de två högsta intervallen. Projekten adresserar teknologiska utmaningar och tar fram kunskap för att lösa dessa. Exempelvis förväntas projekten bidra till nya/utvecklade framställnings- och produktionsprocesser samt till teknologiutveckling i stort. Användning av grafenmaterial i de tilltänkta lösningarna kan i många fall leda till såväl nya/utvecklade produkter (som exempelvis är billiga att tillverka, av hög kvalitet, miljövänliga etc.) som helt nya koncept och tillämpningsområden. Det i sin tur förväntas leda till kommersiella effekter för svenska företag, såsom sänkta kostnader samt ökad export och omsättning. Flera projekt förväntas även bidra till generisk kunskapsuppbyggnad som kan vara till gagn för andra aktörer inom andra tillämpningsområden.

Vi bedömer att en majoritet av projekten har potential att bidra till att skapa eller påverka faktorer som kan bidra till att skapa radikala och/eller systemiska förändringar (se Figur 1 och Figur 2). Vi har därmed gjort bedömningen utifrån projektens potential, vilket avspeglas i våra positiva omdömen. Om projekten lyckas så kan grafenets egenskaper exempelvis bidra till att förbättra produktionsprocesser och till nya och förbättrade produkter som är intressanta utifrån ett marknadsbehov och som i vissa fall bidrar till andra samhällseffekter (såsom förbättrad miljö).

D.4. Sammanfattande bedömning

Flera av de finansierade projekten kan tänkas utmynna i nya grafeninnehållande produkter och en del produkter har redan lanserats. Det har behövts ett specialistkunnande för att ta fram produkter med rätt egenskaper. I några fall har grafenets fulla potential inte utnyttjats utan närmast fungerat som ersättare av andra kolmaterial, där grafenmateriallets mervärde inte är tydligt. Marknadsföring av färdiga produkter innebär att det finns en potential att stärka den internationella konkurrenskraften. En viktig komponent i projektportföljen är projekt som försökt säkra självförsörjningen av utgångsmaterialet grafen i dess olika former. Biomassans betydelse för grafenframställning kanske ökar och bidrar med förbättrade miljöaspekter (återanvändning av avfall).

Ett ökat fokus på initiativ som skapar kritisk massa, såsom internationellt samarbete och standardisering, skulle bidra till att nå SIO Grafens ambitiöst ställda mål. Utöver det tror vi att det även finns utrymme för mer långsiktiga initiativ med högre risk och vinstpotential. Exempelvis inom elektronik, optik och sensorer samt informationsteknik. Det vore även fördelaktigt med fler miljöinriktade projekt.

Samverkan mellan FoU-utförare och företag är den ultimata formen för hållbar utveckling som är vetenskapligt förankrad. SIO Grafen för samman dessa forskningskluster som bildas inför projektansökningar. Grundforskningen bidrar till den mer tillämpade forskningen, vilket leder till snabbare övergång till produktutveckling. SIO Grafen bidrar även till omvärldsbevakning av forskningsområdet och marknaden. Programmet eftersträvar marknadspotential för svensk industri och försöker genom att samla aktörerna lyfta dessa områden.

Situationen i Sverige är speciell i och med att Graphene Flagship är en dominerande faktor i svensk grafenforskning. Med det sagt har SIO Grafen bidragit till att involvera många fler aktörer i grafenrelaterad FoU och resultaten är imponerande jämfört med Sveriges grannländer. SIO Grafen har utan tvekan del av den förtjänsten. Det har gjorts ett utmärkt jobb för att organisera SIO Grafen så att programmet är tillgängligt och attraktivt för företag, och bara detta - oavhängigt de finansierade projektens framgång – kan mycket väl visa sig vara programmets mest betydelsefulla bidrag. Det innebär att SIO Grafens agenda även har blivit företagens egna agendor. I förhållande till antalet invånare tror vi att Sverige, bland annat tack vare SIO Grafen, kommer att nå målet om att det i Sverige ska finnas en livskraftig grafenbaserad industri. Det är naturligtvis svårt att bedöma, men vi bedömer att SIO Grafen har haft en stor additionalitet.

Det starka samarbetet mellan FoU-utförare och företag som finns i många av projekten är positivt och kan bidra till hållbar tillväxt i en verklig grafenindustri. De projekt där det funnits en god balans mellan forskning och industriella intressen har troligtvis fungerat bäst (så fungerar det generellt sett). Detta eftersom det ännu finns mycket som vi inte vet om grafenmaterial och grafenteknologi, och det vore därför riskabelt för företag att inte ha tillgång till experter vid universitet. För universitet skulle avsaknaden av samarbete med företag öka risken för att den "tillämpade forskningen" blir alltför ofokuserad. SIO Grafen kan endast verka effektivt om det finns en hög nivå på grundforskningen; Sverige har lyckligtvis detta och programmet bidrar till att akademisk kunskap når företag. Det är dock viktigt att säkerställa att det finns möjligheter för att de samarbeten som skapas inom SIO Grafen kan leva vidare efter projektslut.

Vi tror även att programmets påverkan kan bli större om lite mindre fokuseras på stegvisa förbättringar och lite mer på innovativa lösningar och nischer. Genom att satsa på projekt med nytänkande, "*proof of concept*-tillämpningar" läggs grunden för framtida tillväxt. Detta i kombination med att programmet stödjer produktutveckling som leder till kommersialisering av produkter som kan etableras på en internationell marknad är viktiga för Sverige.

Det framgår tydligt att projektportföljen influeras av en stark önskan att hitta lösningar på samhällsutmaningar och detta är verkligen positivt. Det är också där det finns en stor potential när det gäller att skapa arbetstillfällen och det är klokt på alla nivåer, det vill säga för forskning, samhälle och ekonomin.

Vi ser det som viktigt att satsa på projekt som utvecklar ett självförsörjande av utgångsmaterial som behövs för att utveckla produkter, energisnåla framställningssätt eller material som skapar omständigheter där produktens användning blir energisnålare och hållbarheten längre, återanvändning av material, etablera återvinningscykler för material, samt processer som reducerar CO₂-utsläpp.

Viktiga områden för detta är energisnål framställning av nya material, miljövänligare material samt återanvändbara material. Energiteknologins utveckling är central och svenska aktörer borde samarbeta med stora redan etablerade utländska aktörer eftersom den globala konkurrenssituationen gör det svårt att bana väg för helt ny svensk elektronik- och energiteknologi utan starka utländska samarbetspartners. Eftersom SIO Grafen har många projekt med klimat- och miljömål kan detta utgöra grund för att internationella samarbeten etableras och på så vis ha en positiv inverkan i världen framöver.

SIO Grafen ser till svenska behovsägares intressen och programmet satsar på projekt som presenterar specifika lösningar med nytillverkade material som innehåller grafen. Däremot ställer vi oss frågande till om det globala näringslivet bevakas?

Projektportföljen består av många mindre projekt som vart och ett förvisso har potential, men kanske är investeringsnivån i vissa fall för liten för att skapa kritisk massa. För att nå visionen om att skapa en stark svensk grafenindustri måste programmet fortsätta arbeta målmedvetet med kvalitet, konkurrenskraft och göra ansträngningar för att professionalisera svensk grafenteknik. Ett instrument som skulle kunna tillämpas är "spjutspetsprojekt", det vill säga fokusprojekt med större finansiering, i vilka svenska aktörer tillsammans med utländska kan göra snabba och effektiva framsteg inom kritiska områden. Vidare skulle det behövas fler strategiska innovationsprojekt som ökar aktiviteten bland svenska aktörer kring gemensamma utmaningar, exempelvis inom områden som standardisering, karakterisering och immaterialrättsliga frågor.

SIP i sig själv är ett fantastiskt instrument och SIO Grafen är ett bra exempel på hur mycket aktivitet som kan skapas och hur företag kan engagera sig i ett nytt och "riskabelt" område där det ännu inte finns så mycket kunskap. I de beviljade projekten pågår nydanande forskning. Produktion och framställning av material är och kommer antagligen fortsatt att vara dyrt i Sverige i jämfört med i många andra länder. Därför kan projekt med unika patentskyddade lösningar där produkttillverkningen inte kräver stor arbetskraftsinsats (som är dyrt i Sverige) vara internationellt lockande. För Sverige, liksom för övriga Norden, är det därför viktigt att skapa *know how* eftersom produktionen är dyr.

SIO Grafen bidrar till att få fram spetskunskap inom området i Sverige, och det bidrar till att ny kunskap skapas effektivt. Vidare bidrar programmet till att öppna en kanal mellan forskning och företag och ser till att det skapas och bibehålls kommunikationen mellan dessa. Ämnesmässigt riktade utlysningar är riskabla men nödvändiga i vissa fall. Det viktigaste är att bevaka och förutse världsläget och anpassa verksamheten efter detta.

Internationellt sett kan SIO Grafen jämföras med initiativ vid Cambridge University och Manchester University som genom stora forskningsprogram fokuserar starkt på innovation och försöker på så vis skapa frodig och hållbar tillväxt. GEIC (Graphene Engineering Innovation Center) är annorlunda på det viset att det är ett geografiskt center vid Manchester University. Även här är det ett starkt fokus på innovation och inom liknande innovationsområden som SIO Grafen, såsom kompositser,



energi, membran, bläck/beredningar/beläggningar och grafenproduktion. Däremot är det mindre fokus i SIO Grafen på mätning och karakterisering än i GEIC.

Sammantaget är vår bedömning att SIO Grafens verksamhet är internationellt konkurrenskraftig. Exempelvis är aktiviteterna väl avvägda, programkoordineringen fungerar väl, och programmet visar även på en flexibilitet och anpassningsförmåga som följer utvecklingen inom området. Med det sagt är programmets budget relativt liten. Vi skulle vilja se ytterligare internationellt samarbete, exempelvis för att få tillgång till forskningsinfrastruktur som programmet idag inte har tillgång till. Även samarbeten med utländska universitet är viktiga för att vara i frontlinjen och följa *state of the art*.

Programmets behöver bedöma dess ämnesmässiga fokus från till utlysning. Elektronik och energiområdet är viktiga, katalysområdet är även det centralt givet miljömässiga aspekter (såsom reducering och konvertering av CO₂ och energiekonomiska lösningar för industriella processer). Vi skulle vilja föreslå att programmet har en närmare relation till projekten, att slutrapporter görs mer utförliga och detaljerade samt utökade insatser för att coacha projekten (under projektens genomförande) och att dessa utvärderas vid projektslut etc. Det skulle gynna såväl företag som finansierande myndigheter. Förlängning (av projekt) bör endast beviljas när det finns tillräcklig potential. Vi vet dock inte hur enkelt/svårt det är att få en förlängning, men det verkar vara ganska vanligt att samma projekt körs i 2–3 steg. Det kan vara utmärkt, men i slutrapporterna ser vi inte att uppföljningen av resultaten är särskilt djupgående. Måhända bör 5 % av forskningsprojektens finansiering gå till kvalitetssäkring, uppföljning, mentorskap/coachning och matchmaking. Det tror vi i slutändan skulle ge en större fördel för företag och samhälle. Om bara ett projekt av 20 projekt blir en framgång genom coachning och kvalitetssäkring så är investeringen värdefull.

Flera av projekten som även har fått fortsatt finansiering har resulterat i kommersiella produkter, vilket är det optimala målet för SIO Grafens verksamhet. Den korta projekttiden är motiverad för att den fungerar och ger möjlighet att även genomföra riskfyllda projekt som vid misslyckande inte genererar stor skada. I de fall där resultaten är lovande har aktörerna beviljats fortsatt stöd som sedan lett till produktutveckling. I vissa fall kan projekt som varar lite längre öka framtagandet av lyckade produkter. Av de projekt som vi bedömt drar vi slutsatsen att relativt många baserar sig på en inte alltför krävande teknologi för att ta fram produkten ifråga (smörjmedel, beläggningar, tillsats för ökad mekanisk hållbarhet etc.).

Det finns gott om kvalitet att bygga vidare på. SIO Grafen är ett utmärkt program som många länder kan avundas. Det kan bli ännu bättre om det blir ökat fokus på kvalitetssäkring av projekten, internationalisering och professionalisering⁶². Aktivitet 11 (LIGHTest) är ett steg i den riktningen. Slutligen så bedömer vi att programmet startade i rätt tid samt att programmet fungerar väl och planenligt. Om Sverige ska vara i framkant inom grafenområdet behövs ett program som SIO Grafen. Sverige har idag en god position, men om programmet skulle upphöra nu så skulle landet mista denna. För att nå ännu fler aktörer och för att ytterligare professionalisera verksamheten bör programmet få ökad finansiering, inte minst eftersom professionalisering kostar mycket.

Om det inom något av SIO Grafens styrkeområden finns potential för att ta fram produkter med betydande marknadsvärde, borde finansiering till detta område stärkas. Koordinering och matchmaking av aktörer är effektivt för att fram nya lösningar. Det finns dock behov av fler längre projekt. Programmet har så här långt löst det genom att finansiera fortsättningsprojekt, vilket är nödvändigt eftersom betydande finansiering behövs för att få fram olika lösningar. Det är viktigt att

⁶² Med professionalisering avses mer utvecklat arbete kring standardisering, coachning, utbildning (och kanske även en branschorganisation), samt gemensamma insatser för syntes/tillverkning av material (pilotlinor).



stödja projekt med disruptiv potential så att de kommer i mål. Exempelvis finns många exempel på prototyper, men utvecklingen måste fortsätta efter detta. För att detta ska ske bör det finnas en plan efter projektslut. Det är viktigt att projekt med stor marknadspotential också når marknaden. Som tidigare nämnt är framgångsrika exempel viktiga för att stimulera ytterligare aktörer.

Våra förslag är:

- Fler projekt på låg TRL, men med potential för radikal innovation
- Standardisering
- Mer samarbete om produktion och processer
- Projekt med kritisk massa och med hög potential för stor genomslagskraft

Vi känner inte till all aktivitet så kanske det redan finns, men det vore intressant med ett instrument (från forskning till kommersialisering + småskalig uppstart) som även satsar på att bilda nya företag som genereras från forskningsinstitutens och universitetens forskargrupper (kanske i samarbete med redan etablerade företag). I de nuvarande projekten dominerar etablerade företag, vilket är bra men med tanke på framtida nya marknadsområden kan nya typer av företag också behövas. Aktiviteten att identifiera potentiellt framgångsrika projekt som utförs av forskningsinstitut och universitet (vilka kan leda till möjliga tillämpningar) skulle kunna intensifieras ytterligare samtidigt som koordinering av styrkeområden inom industrin kartläggs.

SIP-instrumentet är ett bra instrument och vi är generellt imponerade av SIO Grafens organisation, agendor, de många intressanta projekten samt att så många svenska företag är involverade. Vi tror dock att effekterna som SIO Grafen i slutändan kan bidra till kan bli ännu större. Det är notoriskt svårt att skapa framgångsrika grafenprodukter och -innovationer. Den kraftfulla drivkraften för kortsiktig framgång kan verka dynamisk och fokuserad, men utan ett lika starkt fokus på kvalitetssäkring, professionalisering (exv. säker skalbar råvara med hög reproducerbar kvalitet) och hög grad av kunskapsdelning mellan företag och mellan företag och FoU-utförare finns risk att det blir alltför påskyndat. Det i sin tur skapar inte konkurrenskraftiga produkter, utan enbart många demonstratorer och prototyper som företag inte vågar investera i.

Vi tycker att SIP som instrument är bra för att småskaligt få ut de bästa lösningarna. För SIO Grafens del finns dock risk för fragmentering. För att motverka detta behövs samarbete och sammanhållning. och SIO Grafen skulle exempelvis kunna skapa incitament för att små företag att slås samman till *joint ventures*. Ett annat sätt att motverka konkurrens är att stimulera till att dela kunskap mellan aktörer. Detta kan ske genom samarbeten där många aktörer tillsammans både ger och får. Ett sådant exempel vore att kvalitetsmärka svenskt grafen, *Made in Sweden* eller *Swedish Graphene Technology* i likhet med en ISO-standard, vilket vore till gagn för alla involverade aktörer. Detta är särskilt viktigt i och med att grafen är ett nytt/ungt material. På så vis skulle SIO Grafen kunna bidra till att skapa regler och standarder som företag skulle kunna navigera efter. Då kan köpare av svenskt grafen ha förtroende för att det håller hög kvalitet och är redo att användas. Satsningen på SIO Grafen är fortfarande nödvändig, men när området har mognat kommer det kunna gå in i andra satsningar, men där är vi inte ännu.

De områden som vi tycker att SIO Grafen bör vara uppmärksamma på är:

- Är företagen deltagare eller åskådare? Det måste finnas ett verkligt engagemang hos deltagande företag och det måste återspeglas i timmarna som dessa lägger i projekten, särskilt om de ingår i Fol-projekt och inte bara är slutanvändare. Vid såväl val av projekt som vid dialog med sökande bör programmet säkerställa att deltagande företag är genuint engagerade.
- Projektportföljen rymmer mycket få utländska företag och det är inte helt i linje med målet om internationalisering. Inom ett snabbt framväxande innovationsfält som grafen krävs internationalisering (som även tas upp i Agenda 2018). Tack vare Graphene Flagship har Sverige

god kontakt med de akademiska och industriella aktörerna i Europa, men hur ska detta utnyttjas i SIO Grafen? Det framgår inte tydligt av projektportföljen.

- Det finns relativt många kompositprojekt på medelhög och hög TRL, och som tidigare nämnts har detta antagligen varit användbart och nödvändigt i uppstartsfasen. Frågan är om mer utrymme bör ges till områdena elektronik/sensorer baserat på arkgrafen (tillverkningsmetoden CVD (Chemical Vapor Deposition) och SiC (kiselkarbid)) under de kommande åren. Sveriges höga utbildningsnivå och starka kunskapsbaserade industri har förutsättningar att stödja långsiktiga och disruptiva innovationsinsatser som genererar stora vinster.
- För många projekt (som vi bedömt) saknar en tydlig plan för kunskaps- och resultatspridning, vilket kan undergräva SIO Grafens mål om att den kunskap som genereras ska bidra till att skapa en mer frodig innovationsmiljö i Sverige. Om all finansierad FoU låses bakom ”immaterial-väggar” kan det förvisso fortfarande generera jobb och ekonomisk tillväxt, men SIO Grafens mål indikerar att programmet vill ha mer än så. Det bör kanske ställas högre krav på kunskapsspridning från projekten?
- Gällande målet om att skapa grafentillverkning i Sverige bör programmet prioritera och professionalisera detta ytterligare. Kanske borde inte uppfyllande av detta mål vara avhängigt enskilda projekt (som 10 ton) eller enskilda företag (som SHT). En eller flera vanliga svenska pilotlinor med många fler intressenter och en mycket större budget kan vara värt att överväga. Programmet kan studera pilotlinan⁶³ i Graphene Flagship för inspiration.
- Det är bra att så många projekt har en tydlig koppling till hållbarhet. Å andra sidan finns det inte så många projekt med koppling till andra samhällsutmaningar, såsom klimat, hälsa/livskvalitet, demografi, säkerhet, digitalisering etc. Det kan vara fördelaktigt att det finns fokus på få samhällsutmaningar, men utifrån SIO Grafens mål ser vi inte att det är ett medvetet val.
- Som tidigare nämnts är fokus på standardisering och metrologi (generellt) otillräckligt.

D.5. Bedömda ansökningar och projekt

D.5.1. Ansökningar

- iEnergy – industrialisering av bläckstråleskrivning med grafen för energilagringsapplikationer
- Grafenoxid – ett nytt smörjmedel i industriella tillämpningar
- Utveckling, verifiering och validering av grafenmatris för solenergi- och värmedriven värmepump
- Grafen på fartygsskrov för minskad korrosion och påväxt
- Nanokolbeläggning
- Polymerer med exponerade grafenkanter: nya antibakteriella material för medicintekniska applikationer
- Miniaturiserad kryokylare baserad på grafen
- Grafen för hallsensorer
- Grafen förstärkt lim för punktsvetsning
- Självsmörjning och skälvkylning av polymer-Aros Graphene-kompositer
- GNOME 2.0 ACA
- Grafenförstärkt betongstängsel

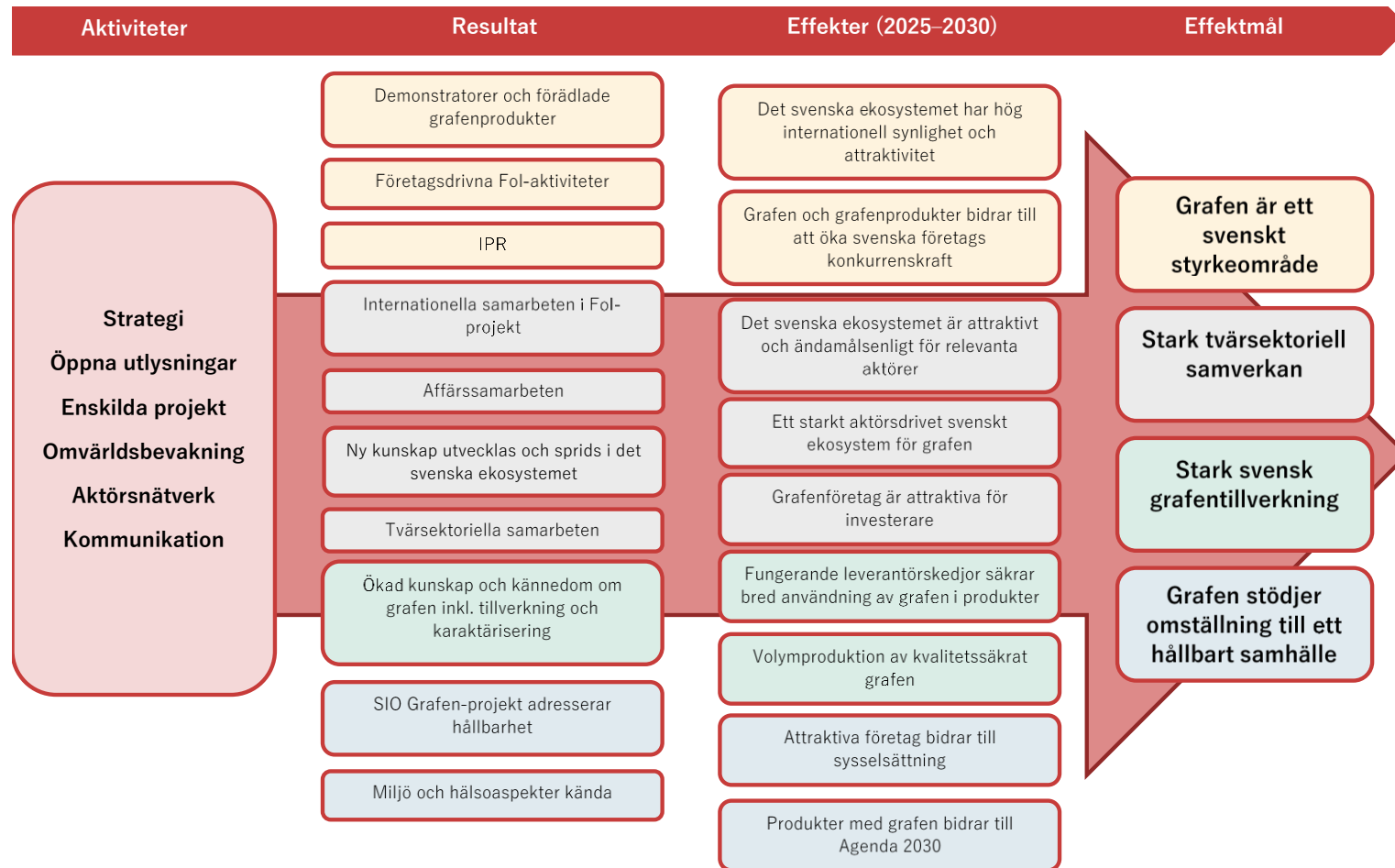
⁶³ https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020_SGA-FET-GRAPHENE-2-2019



- Large area CVD graphene-based sensors/IR- photodetectors
 - Anisotropa egenskaper hos grafen nanokompositer för högspänningsisolering
 - Grafen förbättrade biobaserade beläggningar för korrosionsskydd av varmförzinkat stål
 - 10 ton
 - Functionalized graphene as structural fortifier for polymers and coatings
 - Additiv tillverkning av metallkomponenter förstärkta med grafen – Addit-G
 - Grafen förbättrad prefab tillverkad cementvägg med isoleringsfunktion
- Grafenförstärkta, multifunktionella termoplaster för flygapplikationer

D.5.2. Presenterade projekt

- Grafenförstärkta, multifunktionella termoplaster för flygapplikationer, Linnea Selegård, Saab
- Självsmörjning och skälvkylning av polymer-Aros Graphene-kompositer (presenterades ej)
- Deponering av grafenhaltiga beläggningar på stora ytor för olika funktionella tillämpningar, Uta Klement, Chalmers
- Grafenkomposit som elektrod i superkondensator, Anna Carlsson, Bright Day Graphene
- Nanokolbeläggning, Lena Killander, Applied Nano Surfaces
- Miniaturiserad kryokylare baserad på grafen, Peter Nilsson, APR Technologies
- 10 ton, Roland Bäck och Sven Forsberg, 2D fab
- Large arena CVD graphene-based sensors/IR-photodetectors, Sri Iyer, Senseair, och Qin Wang, RISE
- Grafen förstärkt lim för punktsvetsning, Roland Kádár, Chalmers
- Polymerer med exponerande grafenkanter: nya antibakteriella material för medicintekniska applikationer, Magnus Svensson, Wellspect



Kommentar: Programlogiken i figuren är den förenklade versionen av programmets programlogik (framtagen 2019). Effektmålen kallas för visioner i originalversion.

Bilaga F Sammanställning av svar på utvärderingsfrågor

Utvärderingsfråga/ Sammanfattande svar	Referens till rapport
1. <i>På vilket sätt är startade aktiviteter, insatser och projektportfölj i linje med vad som ska åstadkommas?</i>	
<p>Visionen för SIO Grafen "är att Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen för att säkerställa industriellt ledarskap år 2030". Programmet har fyra effektmål: 1. Etablera grafen som ett svenskt industriellt styrkeområde. 2. Stärka samverkan och värdekedjor tvärs sektorer. 3. Stimulera svensk grafentillverkning. 4. Grafen stödjer omställning till hållbart samhälle.</p> <p>Givet SIO Grafens agendor och programlogik bedöms programmets aktiviteter och insatser överlag vara ändamålsenliga. Eftersom det vid programmets start saknades en fördefinierad aktörsbas har programmet verkat för att identifiera och samla områdets aktörer, och introducera nya aktörer till grafenområdet. I ljuset av detta bedöms programmets kommunikationsarbete och uppsökande verksamhet som ändamålsenliga. SIO Grafen har lyckats locka såväl befintliga som nya aktörer till programmet och nätverket som har vuxit fram är överlag rimligt sammansatt, även om svenska storföretag hade kunnat vara mer aktiva.</p> <p>Projektportföljen består av många mindre genomförbarhetsstudier på relativt låga TRL, vilket är en konsekvens av att många aktörer för första gången undersöker möjligheterna att använda grafen i tillämpningar. Sakexperterna konstaterar ändå att projektportföljen mestadels består av mer tillämpningsinriktade Fol-projekt, och att detta följer SIO Grafens agenda. Dock anser sakexperterna att projektportföljen består av många mindre projekt och att investeringsnivån i vissa fall kan vara för liten för att skapa kritisk massa. För att locka aktörer att testa på grafen har programmet i regel använt sig av breda utlysningar som är öppna för samtliga styrkeområden. Sakexperterna konstaterar att projekten med all tydlighet tillhör något av programmets styrkeområden, men att bioteknik är underrepresenterat i portföljen. Det i sin tur indikerar att programmet genom användning av breda utlysningar har lyckats väl med att få till projektaktivitet inom de flesta styrkeområdena.</p> <p>SIO Grafen har genomfört flera strategiska projekt till nytta för hela nätverket, exempelvis för att bygga gemensam kunskap, och för att undanröja identifierade hinder. Även om dessa upplevs vara ändamålsenliga, så visar den sammantagna utvärderingsempirin att programmets resurser inte är tillräckliga för standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring av grafen.</p>	2.4, 7.1
2. <i>Hur väl lyckas programkontor och aktörer med förnyelse, nationell kraftsamling och mobilisering?</i>	

<p>SIO Grafen har gjort sitt största avtryck på systemnivå. Programmet har identifierat och involverat såväl nya som "gamla" aktörer och har på så vis lagt grunden för det svenska grafenområdet, enligt samlade omdömen. I intervjuer betonas att det varit nödvändigt att samla områdets aktörer för det svenska grafenområdets framväxt, och att dessa tvärssektoriella samarbeten utgör grunden för svenska aktörers internationella konkurrenskraft. Kombinationen av att programmet har identifierat och samlat områdets aktörer tillsammans med projektfinansiering har ökat det svenska grafenområdets mognadsnivå. Givet programmets resurser och förutsättningar bedömer vi programmets bidrag gällande förnyelse, nationell kraftsamling och mobilisering som mycket stort.</p>	<p>5.1, 7.3</p>
<p>3. <i>På vilket sätt jobbar programkontor och styrelse med öppenhet och likabehandling i genomförandet?</i></p>	
<p>SIO Grafen har utarbetat rutiner vad gäller att upprätthålla öppenhet och likabehandling i sammansättning av programstyrelse och vid framtagande av utlysningar. Programmet följer även upp könsfördelning av projektledare.</p> <p>Vägledande principer i implementeringen av programmet har varit att arbeta med stor öppenhet utifrån ett bottom-up-perspektiv, för att på så vis locka och attrahera nya aktörer till programmet. Detta innefattar att aktörerna medverkar i agendaarbetet, uppmuntras lämna förslag på strategiska projekt samt att programmet bjuder in till öppna workshops för behovsinventering. Det förefaller inte finnas några inlåsningseffekter till enskilda aktörer inom programmet, även om Chalmers och RISE får betecknas vara nyckelaktörer utifrån sina unika positioner inom grafenområdet. Eftersom programkontorets värdorganisation även är en betydande stödmottagare, bör programmet vinnlägga sig om att andra aktörer inte får någon anledning att misstänka att värdorganisationen får några otillbörliga konkurrensfördelar. Vidare bör företagens engagemang breddas, eftersom engagemangen i projekten ofta är knutet till några få enskilda individer.</p> <p>På ledningsnivå har programmet lyckats väl med att uppnå en jämn könsbalans. En majoritet av programmets projekt leds av män, vilket återspeglar materialområdet i stort – det finns dock inga systematiska skillnader i beviljandegrad. Programmet har inga uttalade mål om projektledares könsfördelning. Sådana bör formuleras och beröras i agendan.</p>	<p>2.4, 7.1, 9.3</p>
<p>4. <i>Hur har inriktningen av insatser som förstärker befintliga satsningar som görs både nationellt och internationellt utvecklats?</i></p>	
<p>SIO Grafen har kontinuerligt sökt samarbeten med andra angränsande satsningar, såväl i Sverige som i utlandet. Samverkan har dels handlat om ett ömsesidigt lärande kring gemensamma utmaningar, dels om ett effektivt utnyttjande av resurser. Programmet har exempelvis samarbetat med SIP LIGHTer, Innovair och Metalliska material i ett testbäddsprojekt, samt haft en gemensam utlysning med SIP LIGHTer och diskuterat detsamma med andra SIPar kring gemensamma tematiska områden. Vidare samarbetar programmet med SIS kring den för området viktiga frågan om standardisering.</p>	<p>6.1, 7.1</p>

<p>Programmet har nära samarbeten med andra närliggande grafensatsningar och för kontinuerliga diskussioner med både 2D-Tech och Flaggskeppet för att säkerställa att programmets erbjudande kompletterar, och inte överlappar, andra satsningar inom området. Programmet har även för diskussioner med Flaggskeppet och ansökt (och fått denna beviljad i oktober 2020) om att bli ett så kallat <i>partnering project</i> till Flaggskeppet, som ökar möjligheterna för ett fördjupat samarbete. Flera av programmets projekt har även resulterat i följdprojekt som är finansierade med EU-medel, exempelvis i Flaggskeppet, Eurostars samt FLAG-ERA. Därtill har programmet försökt identifiera liknande satsningar i andra länder att samarbeta med, dock utan att hittills ha lyckats.</p> <p>Vår bedömning är att SIO Grafen samverkar brett med andra satsningar (och aktörer), och lyckas med detta överlag. Dock skulle programmet vara förtjänt av att identifiera och samarbeta med liknande satsningar utanför Sverige – för ett ömsesidigt erfarenhetsutbyte.</p>	
<p>5. <i>Hur ändamålsenliga är programkontorets och styrelsens arbetssätt, ledning och organisation? Vilka förbättringar finns det utrymme för?</i></p>	
<p>Deltagarna är positiva till programledningens (programkontorets och styrelsens) arbetssätt, ledning och organisation. Programkontoret upplevs som kunnigt, lättillgängligt och lyhört. Utvärderingen visar att programmet styrs strategiskt mot uppställda mål (vilka kontinuerligt följs upp) samtidigt som det är anpassningsbart efter omvärldsförändringar och nya behov som uppstår – styrningen tillhör programmets stora styrkor.</p> <p>Vissa deltagare påpekar att programmet vore förtjänt av att ha ett starkare nätverk till det globala näringslivet.</p>	<p>6.2, 9.1, 9.2</p>
<p>6. <i>Vilka mål för SIPen hade kunnat nås utan dess genomförande?</i></p>	
<p>Frågan är lättare att besvara med en omvänd formulering: Vilket mervärde har SIO Grafen skapat jämfört med om programmet inte hade genomförts? Bedömningen är att SIO Grafen har följande mervärden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programmet har bidragit till en kraftsamling och mobilisering av aktörer och uppbyggandet av ekosystemet för grafen i Sverige. Programmets kraftsamlande roll har bidragit till att det svenska ekosystemet för grafen har vuxit fram (och fortsätter växa). • Accelerering av det svenska grafenområdets tekniska mognadsgrad, dels genom att engagera aktörer som annars inte skulle (våga) satsa på grafenrelaterad FoU i närtid, dels genom att finansiera FoU-projekt som annars inte skulle ha genomförts. • Främjande av en sammanhållen strategisk inriktning för det svenska grafenområdet genom omsorgsfullt valda, och strategiskt modifierade, styrkeområden inom vilka SIO Grafen har möjliggjort uppbyggnad av kritisk massa av aktiva aktörer och personer inom en rad viktiga tillämpningsområden. • Programmet är tillgängligt och attraktivt för företag i Sverige - och även för FoU-utförare inom området - vilket har skapat förutsättningar för grafen som svenskt styrkeområde som annars inte hade funnits. 	<p>7.3</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Programmets nära kontakt med Flagg skeppet skapar viktiga synergier, där de kontakter och den överhörning som finns bidrar till att SIPens aktörer (och även programmet) får goda chanser till relevant omvärldsbevakning och möjligheter till uppväxling samt internationell exponering. • Bidrag till etablering av en ny bransch av grafentillverkare, vilken har befästs i och med bildandet av Swedish Graphene Suppliers Alliance. 	
<p>7. På vilka sätt skulle SIPens fortsatta verksamhet kunna förändras för att bli mer ändamålsenlig?</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • SIO Grafen har inte tagit ställning till om och i så fall hur aktörsnätverket ska kunna fortleva efter programmets slut. Programmet bör i dialog med sina aktörer ta fram en plan för detta • SIO Grafens resurser allokerade till standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring bedöms som otillräckliga. Programmet bör därför prioritera insatser för standardisering av material och produktionsprocesser • För att ytterligare främja svensk konkurrenskraft bör programmet i högre utsträckning fokusera på internationalisering • Programmet bör framgent överväga riktade utlysningar inom specifika styrkeområden, alternativt fler stora Fol- och loD-projekt för att därigenom accelerera grafenområdets teknikmognad och öka tilltron till materialet • SIO Grafens externa kommunikation och uppsökande verksamhet riktas främst till potentiellt grafenintresserade företag, men når oftast ett fåtal individer inom dessa företag. Programmet bör därför: <ul style="list-style-type: none"> - Fortsätta att identifiera och kommunicera till en bred skara av företag - Verka för att nå ut till fler personer inom redan involverade företag 	<p>7.1, 9.1, 9.2</p>
<p>8. Ska SIPen finansieras ytterligare tre år? Om så är fallet, är rekommendationen att öka eller minska finansieringen från myndigheterna?</p>	
<p>SIO Grafen bör erhålla finansiering för ytterligare tre år, och vi rekommenderar att programmet får ökad finansiering. Programmet är mycket uppskattat av deltagarna och det finns förtroende för programledningen. Utvärderingen visar även att programmets additionalitet är hög och att programmet har bidragit och fortsatt bidrar till att det svenska ekosystemet för grafen stärks och till att aktörernas konkurrenskraft ökar. Söktrycket till programmets utlysningar har överlag ökat (även sett till sökta medel), samtidigt som deltagarnas behov av att genomföra fler stora Fol och loD-projekt har ökat. Vidare bör programmet intensifiera sina insatser rörande standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring, samt ytterligare fokusera på internationalisering. Allt detta tillsammans med att programmets nuvarande insatser behöver fortlöpa (ingen bedöms som överflödigt) bedöms motivera att programmet får ökad finansiering.</p>	<p>3, 4, 5, 6.1, 7.1</p>
<p>9. Vilka resultat och effekter har hittills åstadkommit genom de projekt som finansierats inom SIPen?</p>	
<p>SIO Grafen har samlat områdets aktörer och på så vis stimulerat till samarbeten och kunskapshöjande effekter på systemnivå.</p>	<p>3, 4, 5</p>

<p>Projektsamarbetena har bidragit till kunskapsutbyte mellan aktörer längs värde- och leverantörskedjor som i sin tur har lett till kompetensutveckling. Programmets övriga insatser och aktiviteter har skapat kunskap kring gemensamma utmaningar för områdets aktörer. Den kunskap som har skapats omfattar vilka möjligheter och potential som grafen medför, vilka behov och förutsättningar aktörer har av att använda grafen, samt kunskap om teknik och produktionsprocesser. Utvärderingen bedömer att kunskapseffekterna har ökat aktörernas mognadsnivå och accelererat teknikutvecklingen, vilket i sin tur har skapat ett kraftfullare svenskt ekosystem för grafen.</p> <p>Utvärderingen konstaterar att projekten som har finansierats har lagt grunden för en vidare satsning på grafen för aktörerna. Det finns exempelvis många exempel på följdprojekt från SIO Grafens projekt, som genomförs både inom och utanför programmet.</p> <p>Deltagarna är optimistiska avseende resultat och effekter som projekten på sikt förväntas bidra med för den egna organisationen. Redan nu kan utvärderingen konstatera att det finns exempel på utvecklade demonstratorer och prototyper, implementering av material, substans och teknik samt i några fall implementering och effektivisering av produktionsmetoder och kommersiella produkter. Deltagare från företag har även höga förväntningar på kommersiella effekter från projekten, framför allt förmodas projekten på sikt leda till ökad konkurrenskraft. Denna bild bekräftas av att förhållandevis många projekt har resulterat i patentansökningar och i en del fall i beviljade patent, vilket understryker aktörernas behov att skydda sina potentiella grafentillämpningar.</p>	
<p>10. <i>Hur har verksamheten i SIPen anpassats till förändringar i omvärlden?</i></p>	
<p>Programmets anpassningsförmåga efter en, givet områdets karaktär, mycket föränderlig omvärld är mycket god. Under rådande utvärderingsperiod har styrkeområden, insatser och (i ett par fall) utlysningar modifierats och anpassats utifrån omvärldsförändringar och nya behov. Därtill har programmet förtjänstfullt arbetat för att anpassa sin verksamhet efter angränsande satsningar, såsom det nybildade kompetenscentret 2d-Tech. Omvärldsbevakning sker kontinuerligt av området och delas till deltagarna, samtidigt som programledningen kontinuerligt för diskussioner med Flaggskeppet och på så vis informeras om eventuella omvärldsförändringar inom forskningsområdet. Med det sagt så framgår det i den samlade utvärderingsempirin att det globala näringslivet i högre utsträckning bör bevakas.</p>	<p>6.1, 6.2</p>
<p>11. <i>Hur skapas i SIPen och projekten förväntad nytta för behovsägare och huvudintressenter?</i></p>	
<p>Bedömningen är att SIO Grafen är på god väg att nå sina övergripande mål och vision, som behovsägare varit med att ta fram i samband med agendaarbetet. Som tidigare nämnt behöver dock insatser som främjar volymproduktion av grafen (såsom standardisering, karakterisering och kvalitetssäkring) intensifieras, och programmet bör i högre utsträckning arbeta för att öka nätverkets internationella synlighet. Med detta sagt är programmets främsta avtryck på systemnivå att det har samlat områdets</p>	<p>3, 5</p>

<p>aktörer vilket har möjliggjort för samarbeten längs värdekedjor. Såväl deltagare som behovsägare betonar detta som väldigt betydelsefullt givet att området befinner sig i en uppbyggnadsfas. Projektsamarbetena, tillsammans med att programmet utbildar nya aktörer inom området, har lett till kompetensutveckling av aktörernas personal längs alla delar av värdekedjan. Därtill har programmet drivit strategiska projekt som skapar kunskap utifrån gemensamma behov.</p>	
<p>12. Hur förhåller sig SIPen till jämförbara satsningar i andra länder?</p>	
<p>Programmets omvärldsbevakning är relativt omfattande, och därutöver deltar programmet, ibland tillsammans med någon/några av nätverkets aktörer, på internationella konferenser. Som tidigare nämnt bidrar programmets nära relation till Flaggskippet till insikter om områdesförändringar. Programmet har haft inledande möten med jämförbara satsningar i andra länder, såsom i Australien, Brasilien, Kina och USA, detta har dock ännu inte resulterat i några formella samarbeten. I de färdplaner som har tagits fram presenteras en internationell utblick för respektive styrkeområde.</p>	<p>6.1</p>
<p>13. På vilket sätt bidrar verksamheten i SIPen till de övergripande effektmålen för hela satsningen på SIPar?</p>	
<p>Bedömningen är att programmet bidrar till samtliga mål, men i olika utsträckning. Framför allt förväntas programmet på sikt att bidra till målen <i>Stärkt hållbar tillväxt, Stärkt konkurrenskraft och ökad export för svenskt näringsliv</i> samt <i>att göra Sverige till ett attraktivt land att investera och bedriva verksamhet i</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> i) Stärkt hållbar tillväxt: Många företag anger att deras projekt bidrar till ökad omsättning, och därtill bidrar många projekt till det globala hållbarhetsmålet <i>Hållbar industri, innovation och infrastruktur</i>. Däremot har endast liten andel av programmets offentliga medel gått till få projekt tillhörande behovsområdet miljö. Vår bedömning är att SIO Grafens bidrag till detta mål kan bli mycket stort. ii) Stärkt konkurrenskraft och ökad export för svenskt näringsliv: En klar majoritet av projektdeltagarna bedömer att deras projekt har bidragit eller kommer att bidra till ökad internationell konkurrenskraft för den egna organisationen. En majoritet av företagsrespondenterna bedömer att deras projekt har bidragit eller kommer att bidra till ökad export för företaget. Företagens förväntningar är även höga om att projekten på sikt kommer leda till nya produkter eller processer. Sammantaget bedömer vi att programmets bidrag till detta mål har potential att vara mycket stort. iii) Att göra Sverige till ett attraktivt land att investera och bedriva verksamhet i: Det finns en utbredd insikt om att det är viktigt att samla områdets aktörer så att dessa enklare kan finna varandra. Programmet har samlat många aktörer inom området, vilket har stimulerat till fler möten och samarbeten som i sin tur leder till kompetensutveckling. Utvärderingen visar att vissa svenska aktörer har blivit kontaktade av utländska aktörer om möjliga samarbeten inom området. Allt detta bidrar till att Sverige förbättrar sin attraktionskraft inom ett eftertraktat 	<p>5.3</p>

<p>men riskfyllt område, vilket verifieras av såväl sakterter som intervjupersoner. Vår sammantagna bedömning är att programmet har mycket stor potential att bidra till detta mål.</p> <p>iv) Hållbar samhällsutveckling som tryggar försörjning, välfärd, miljö- och energipolitiska mål: Många projekt bidrar till det globala hållbarhetsmålet <i>Hållbar industri, innovation och infrastruktur</i>. En klar majoritet av företagsrespondenterna bedömer att deras projekt har bidragit eller kommer att bidra till bibehållen eller utökad sysselsättning och produktion i Sverige. Endast en liten andel offentliga medel har gått till projekt inom behovsområdet miljö (3 procent), men desto mer till energiförsörjning (13 procent). Sakterterna konstaterar att många projekt berör globala samhällsutmaningar. Sammantaget bedömer vi att programmets bidrag till detta mål kan bli stort.</p> <p>v) Skapa förutsättningar för hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar: De konstateranden avseende aktiviteter och insatser rörande hållbarhet och för att närma sig miljö- och energipolitiska mål som tidigare har framförts är även relevanta här. Utmaningarna kopplade till detta mål är såväl omfattande som globala, och programmets bidrag är därför sannolikt väldigt litet.</p>	
<p>14. I vilken utsträckning är ambitionen att bidra till radikala eller systemiska förändringar?</p>	
<p>Det är ännu inte känt om grafen kommer få ett större genomslag eller om det blir ett material som alla andra. Det är därför för tidigt att bedöma vilken genomslagskraft grafen kommer få i samhället.</p> <p>Utvärderingen kan inte påvisa att några resultat och effekter från programmet har bidragit till radikala eller systemiska förändringar. Även på sikt väntas tillämpningar med grafen vara inkrementella förbättringar av nuvarande produkter. Det finns dock vissa undantag, såsom användning av grafen i sensorapplikationer som kan möjliggöra en miniatyrisering, vilket kan leda till radikala innovationer. Programmet har dock samlat många av områdets aktörer och stimulerar på så vis till att skapa nya aktörskonstellationer. Samverkan mellan aktörskategorier är en förutsättning för att mer radikala innovationer tas fram, men samtidigt kan inte detta i sig bedömas vara något radikalt.</p>	8



Bilaga G Förkortningar

CIT	Chalmers Industriteknik
CTH	Chalmers tekniska högskola
EIT	European Institute of Innovation & Technology (Europeiska institutet för innovation och teknik)
FoI	Forskning och innovation
FoU	Forskning och utveckling
GA	Årsstämman/General Assembly
GCC	The Graphene Centre at Chalmers
HV	Högskolan Väst
H2020	Horizon 2020 (Horisont 2020)
IKT	Informations- och kommunikationsteknik
IoD	Innovation och demonstration
IoT	Internet of things (sakernas internet)
IP	Intellectual property (intellektuell egendom)
ISO	International Organization for Standardization (internationella organisationen för standarder)
KIC	Knowledge and Innovation Community
KTH	Kungl Tekniska högskolan
LIU	Linköpings universitet
LTH	Lunds Tekniska Högskola
LTU	Luleå tekniska universitet
LU	Lunds universitet
Mkr	Miljoner kronor
NMR	Nordiska ministerrådet
SDG	Sustainable development goal (globalt hållbarhetsmål)
SES	Smartare elektroniksystem
SIA	Strategisk innovationsagenda
SIP	Strategiskt innovationsprogram
SIS	Svenska institutet för standarder
SMF	Små och medelstora företag
SNA	Social nätverksanalys
SSF	Stiftelsen för strategisk forskning
TRL	Technology readiness level (teknikmognadsnivå)



UMU

Umeå universitet

UoH

Universitet och högskolor

UU

Uppsala universitet

VR

Vetenskapsrådet

technopolis
group 

www.technopolis-group.com