

Programbeskrivning för programmet

Kompetenscentrum Katalys (KCK)

2018-01-01 – 2021-12-31

Beslutsdatum
2018-02-01

Innehåll

1	Sammanfattning	4
2	Programmets inriktning	5
2.1	Vision.....	5
2.2	Syfte.....	5
2.3	Mål.....	5
2.4	Framgångskriterier.....	8
2.5	Forsknings, utvecklings- och teknikområden.....	8
2.5.1	Katalytisk teknik för energiomvandling.....	9
2.5.2	Katalytisk reduktion av kväveoxider i syreöverskott.....	10
2.5.3	Katalytisk oxidation vid låg temperatur.....	11
2.6	Energirelevans.....	13
2.7	Samhälls- och näringslivsrelevans.....	13
2.8	Miljöaspekter.....	14
2.9	Projektgenomförare/projektdeltagare.....	15
2.10	Avnämare/intressenter.....	15
2.11	Arbetsätt.....	16
3	Bakgrund	20
4	Genomförande	22
4.1	Tidplan.....	22
4.2	Budget och kostnadsplan.....	22
4.3	Ansökningskriterier och hantering av ansökningar.....	23
4.4	Programråd.....	23
4.5	Kommunikationsplan och resultatspridning.....	24
4.6	Syntes.....	25
4.7	Utvärdering.....	25
5	Avgränsningar	27
5.1	Forsknings-, utvecklings- och teknikområden.....	27
5.2	Andra anknyttande program inom Energimyndigheten.....	27
5.3	Andra anknyttande aktörer.....	28
5.4	Forsknings- och utvecklingsområden – översikt.....	29
5.4.1	Katalytisk teknik för energiomvandling.....	29
5.4.2	Katalytisk reduktion av kväveoxider i syreöverskott.....	29
5.4.3	Katalytisk oxidation vid låg temperatur.....	29
5.5	Internationell samverkan.....	30
6	Ytterligare information	32

1 Sammanfattning

Kompetenscentrum katalys, KCK, Etapp 2018-2021 är ett fyraårigt forskningsprogram finansierat av Energimyndigheten, Chalmers tekniska högskola och medlemsföretagen AB Volvo, ECAPS AB, Johnson Matthey AB, Preem AB, Scania CV AB, Umicore AG & Co. KG och Volvo Car Corporation. Från Chalmers deltar avdelningarna Kemisk fysik, Kemiteknik, Eva Olsson Group och Tillämpad kemi.

Visionen för KCK är att med ny och vidareutvecklad katalytisk teknik bidra till ett hållbart energi- och transportsystem. Programmets mål är att vidareutveckla KCK inom områdena katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening för att på detta sätt aktivt bidra till att uppställda miljö- och klimatmål nås. KCK är ett internationellt erkänt excellenscenter och en attraktiv partner som initierar och utför projekt tillsammans med industrin och andra akademiska grupperingar. KCK ska ha en hög produktion av vetenskapliga artiklar. Vidare ska KCK, inom sitt verksamhetsområde, bedriva forskning inom hela spektret från grundläggande till tillämpad forskning. En av centrets viktigaste uppgifter är att utbilda forskare som är attraktiva att anställa för näringslivet. KCK ska även på andra sätt bidra till kunskapsöverföring mellan universitet och näringsliv för att bidra till hållbar tillväxt och energisystemets omställning.

Forskningen i KCK är organiserad i tre forsknings- och utvecklingsområden med starka synergier där de gemensamma nämnarna är energi, miljö och katalys. Det första området är inriktat mot katalytisk teknik för energiomvandling, där förnybara bränslen är ett prioriterat delområde. Det andra området innefattar utveckling av metoder för att reducera kväveoxider i syreöverskott vilket är väsentligt för att kunna utnyttja bränsleeffektiv mager förbränning utan ökad miljöbelastning. Det tredje området är inriktat mot oxidation vid låga temperaturer av bl.a. kolväten och partiklar.

Förutom projekt finansierade av Energimyndigheten driver KCK en rad projekt med finansiering från Vetenskapsrådet, KAW¹, EU och andra nationella och internationella forskningsfinansiärer eller från näringslivet. Den breda finansieringen vidgar och fördjupar centrets verksamhet.

¹ Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse

2 Programmetts inriktning

2.1 Vision

Visionen är att med ny och vidareutvecklad katalytisk teknik bidra till ett hållbart energi- och transportsystem. Mer specifikt innebär det att utsläpp från förbränningsmotorer med katalytisk efterbehandling ska vara noll med avseende på skadliga emissioner och nettoutsläpp av växthusgaser. KCK ska vara en självklar samarbetspartner inom energi- och miljörelaterad katalys.

Kompetenscentrum katalys ska aktivt bidra till den svenska energiomställningen så att uppställda miljö- och klimatmål nås.

2.2 Syfte

Syftet med forskningsprogrammet KCK är att generera kunskap och kompetens som gynnar svenskt näringsliv genom att vidareutveckla en excellent forskningsmiljö, som bedriver högkvalitativ forskning inom områdena katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening för att bidra till hållbar tillväxt och energisystemets omställning. Kunskapsgenereringen ska ske i samverkan med kompetenscentra inom SICEC² samt andra centra såsom SEC³, f3⁴ och CECOST⁵.

Programmet syftar till att utveckla ny katalysbaserad teknik med fokus på ökad användning av förnybara bränslen, ökad energieffektivitet vid transporter och industriella processer samt reduktion av emissioner från transporter och processindustri. Forskningen bör också bidra till att explorativt bidra till andra områden där katalytisk teknik kan bidra till ett hållbart energisystem.

2.3 Mål

Sverige har gjort åtaganden om att sänka utsläppen av växthusgaser och riksdagen beslutade i juni 2017 om ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. Målet är att Sverige senast 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären. KCK ska aktivt bidra till att detta övergripande mål nås.

Inom forsknings- och utvecklingsområdena katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening ska KCK vara ett excellent, internationellt etablerat

² Swedish Internal Combustion Engine Consortium

³ Swedish Electromobility Centre

⁴ The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels

⁵ Centre for Combustion Science and Technology

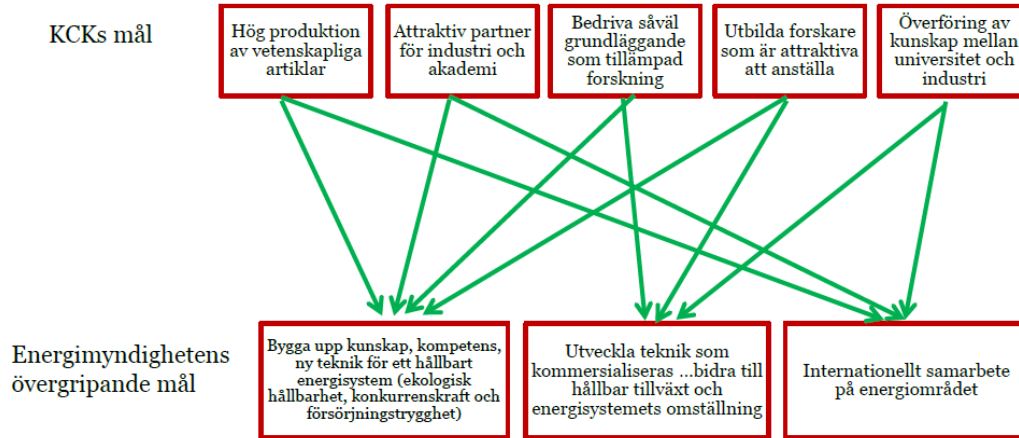
interdisciplinärt forskningscentrum som utvecklar kunskap för förbättring av den lokala, regionala och globala miljön samt främjar utvecklingen mot hållbar tillväxt och energisystemets omställning. Mer specifikt innebär det att KCK ska generera kunskap och metoder som bidrar till att utsläppen från förbränningsmotorer med katalytisk efterbehandling ska vara noll med avseende på skadliga emissioner såsom kväveoxider, partiklar, kolmonoxid och kolväten samt noll med avseende på netto-utsläpp av växthusgaser.

KCK ska vara en effektiv och attraktiv partner för både industri och akademi, som initierar och utför projekt i samarbete med olika industriella och akademiska grupperingar. KCK ska bedriva såväl grundläggande som tillämpad forskning och ha en hög produktion av vetenskapliga artiklar. KCK ska utbilda forskare som är attraktiva att anställa för näringslivet. KCK ska bidra till överföring av kunskap mellan universitet och industri. Ett ytterligare mål är att KCK ska bidra till att fler kvinnor rekryteras som examensarbetare, forskarstuderande och till tjänster på högre akademisk nivå för att möjliggöra en jämnare fördelning mellan män och kvinnor inom universitet och näringsliv.

Kopplingarna mellan KCKs aggregerade mål och Energimyndighetens övergripande mål inom energiforskning och innovation visas i Figur 1. Det övergripande målet är att insatser för forskning och innovation inom energiområdet ska inriktas så att de kan bidra till uppfyllandet av uppställda energi- och klimatmål, den långsiktiga energi- och klimatpolitiken samt energirelaterade miljöpolitiska mål.

Målen för energiforskningen är:

- Att bygga upp vetenskaplig och teknisk kunskap samt den kompetens som behövs för att genom tillämpning av ny teknik och nya tjänster möjliggöra en omställning till ett långsiktigt hållbart energisystem i Sverige, karakteriserat av att förena ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.
- Att utveckla teknik och tjänster som kan kommersialiseras genom svenskt näringsliv och därmed bidra till hållbar tillväxt och energisystemets omställning och utveckling såväl i Sverige som på andra marknader.
- Att bidra till och dra nytta av internationellt samarbete på energiområdet.



Figur 1. Kopplingarna mellan KCKs mål och Energimyndighetens övergripande mål inom energiforskning och innovation.

Uppföljningsbara mål för KCK Etapp 2018-2021 är (målen är kvantifierade där det är möjligt):

- Nya koncept av relevans för medlemsföretagen avseende exempelvis systemdesign, reglerprocesser eller materialval
- Nya modeller, teorier, experimentella metoder eller instrument
- Patent och patentansökningar (10)
- Artiklar i välrenommerade vetenskapliga tidskrifter (100)
- Sampublicering mellan företag och akademiska grupper (15 %)
- Licentiat- (15) och doktorsexamina (15), samt examensarbeten (20)
- Presentationer, speciellt inbjudna (40) sådana, vid nationella och internationella vetenskapliga konferenser
- Citeringar i den vetenskapliga litteraturen (1000/år)
- Befordran till docent, till biträdande professor och till professor
- Genusbalans i området 40-60 % för rekryterade doktorander och postdoktorer samt för seniora forskare verksamma i KCK
- Person- och kunskapsöverföring i form av utbildade doktorer, licentiat- och civilingenjörer som anställs i medlemsföretagen
- Utvecklande av befintliga och nya kurser inom högskolan
- Doktorander, postdoktorer och seniora forskare som på eget initiativ söker sig till KCK
- Finansiering till KCK-baserad och relevant verksamhet från andra nationella och internationella finansieringskällor (Lika stor som finansieringen för KCK Etapp 2018-2021)

- Industrisamarbets- och uppdragsprojekt utöver de med medlemsföretagen
- Förtroendeuppdrag i internationella organisationer relaterade till KCKs verksamhet

2.4 Framgångskriterier

Programmet har följande kriterier på framgång:

- Berörda delar av näringslivet upplever KCK som en attraktiv forskningsmiljö för samverkan, problemlösning och långsiktig kompetensutveckling.
- Uthålligt och engagerat deltagande från näringslivet i ledning, genomförande och finansiering av forskningsprogrammet.
- Förstärkt kompetensprofil inom områdena katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening.
- Breddad intressentkrets inom näringslivet.
- Att KCK utöver anslag från Energimyndigheten, Chalmers och medlemsföretagen även erhåller externa forskningsanslag från nationella och internationella forskningsråd, forskningsstiftelser samt företag.
- Fortsatt och vidareutvecklad samverkan med Chalmers grund- och forskarutbildning.
- Forskningsresultat som medlemsföretagen integrerar/exploaterar i sin egen FoU- och/eller produktutveckling.
- Utökad samarbete med välrenommerade forskargrupper, forskningsinstitutioner och centra, nationellt och framförallt internationellt, inte minst inom EU-finansierade forskningsprojekt.

2.5 Forsknings, utvecklings- och teknikområden

Kompetenscentrum katalys, Etapp 2018-2021, omfattar följande tre forsknings- och utvecklingsområden:

- Katalytisk teknik för energiomvandling

- Katalytisk reduktion av kväveoxider i syreöverskott
- Katalytisk oxidation vid låg temperatur

I dessa tre forsknings- och utvecklingsområden bedrivs centrets forskningsverksamhet under programperioden. Varje område är i sin tur uppdelat i projekt. Forskningsprogrammets inriktning följs upp och uppdateras kontinuerligt av KCKs programråd. Eventuella större förändringar av forskningsprogrammets inriktning under programperioden måste godkännas av Energimyndigheten.

Projekten består av en blandning av tillämpningsdrivna projekt och projekt för uppbyggnad av kunskaps- och teknikplattformar som t.ex. nanoteknikbaserade modellkatalysatorer. KCKs ledning ansvarar för att en blandning av och balans mellan dessa typer av projekt vidmakthålls. Balansen är viktig för att samtidigt möta medlemsföretagens behov i närtid och utveckla kunskapsplattformar och metoder för framtida behov, samt för att hävda en stark position vid den internationella forskningsfronten.

2.5.1 Katalytisk teknik för energiomvandling

Omställningen till en fossiloberoende transportsektor är en central fråga för att motverka den globala uppvärmningen. För att förverkliga detta klimatpolitiska mål pågår arbete inom transportsektorn för att ersätta dagens storskaliga användning av fossila bränslen med olika biobaserade drivmedel och elektrifiering. Katalytisk teknik kan med fördel användas för omvandling och uppgradering av förnybara råvaror till bränslen som t.ex. biogas, bioalkoholer, bioetanol och biodiesel.

Framställning av biodrivmedel

Särskilt intressant i detta sammanhang är katalytisk hydrering av oxygenater för produktion av bränslen från biobaserade råvaror. Inblandning av hydrerade oxygenater från biobaserade råvaror i konventionella dieselbränslen sker i stor skala redan idag och väntas öka. Som exempel kan Preems Evolution Diesel nämnas som idag består av upp till 50 % förnybar råvara. Att kunna styra selektiviteten mot önskad produkt vid den katalytiska hydreringen är av stor betydelse för att framställa biobaserade bränslen kostnadseffektivt. Under Etapp 2018-2021 kommer selektiv katalytisk hydrogenering av oxygenater att studeras.

Ett annat intressant område är s.k. on-boardframställning av bränsle med hjälp av katalytisk teknik. Ett lovande exempel är katalytisk konvertering av metanol till dimetyleter, DME, ombord på fordon eller fartyg. De goda förbrännings-egenskaperna hos DME kombineras här med den relativt enkla hanteringen av flytande metanol. Vidare kommer möjligheterna att direkt kunna oxidera metan till metanol i ett katalytiskt steg att undersökas under Etapp 2018-2021.

Elektrobränslen

En aktuell utvecklingslinje är att på syntetisk väg framställa bränslen med hjälp av billig el från i första hand väderberoende kraftslag, såsom vind och sol. Vätgas kan på detta sätt framställas genom elektrolys av vatten. Tekniska utmaningar med lagring av vätgas samt vätgasens låga energidensitet är dock begränsande för användningen av vätgas som bränsle inom transportsektorn. Genom att låta vätgas, framställd genom elektrolys av vatten, katalytisk reagera vidare med koldioxid så kan t.ex. metan, metanol eller andra typer av bränslen med högre energidensitet och bättre lagringsegenskaper än vätgas tillverkas. Intresset för dessa så kallade elektrobränslen väntas öka starkt under programperioden.

2.5.2 Katalytisk reduktion av kväveoxider i syreöverskott

Forsknings- och utvecklingsområdet syftar till att utveckla och förbättra metoder att reducera kväveoxider till kvävgas i syreöverskott, s.k. magra förhållanden. Detta är viktigt för dagens och framtida motorkoncept för små såväl som stora förbränningsmotorer, baserade på en alltmer bränsleeffektiv förbränning av konventionella eller förnybara bränslen i överskott av syre. Det finns flera sätt att åstadkomma mager NO_x -reduktion. I huvudsak består problemet i att tillsätta ett reduktionsmedel som selektivt reagerar med kväveoxiderna men inte med syret i avgaserna. Samtidigt måste mängden reduktionsmedel vara tillräckligt låg för att minimera det s.k. bränsletraffet (d.v.s. undvika lägre bränsleeffektivitet). För att åstadkomma detta finns för närvarande tre huvudkoncept, samt kombinationer av dessa, som kommer att studeras under Etapp 2018-2021.

Selektiv reduktion av NO_x med urea/ammoniak

Med denna metod reduceras kväveoxiderna med hjälp av ett externt tillsatt reduktionsmedel med hög selektivitet att reducera kväveoxider (s.k. selektiv katalytisk reduktion, SCR). I allmänhet används ammoniak eller ämnen som bildar ammoniak när de sönderdelas som t.ex. urea eller fasta ammoniumföreningar. Vanligen används katalysatorer baserade på vanadinoxid. Vid höga temperaturer är detta ett mindre önskvärt val av katalysator och att hitta alternativ till vanadinoxid kommer därför att studeras under Etapp 2018-2021. Termiskt stabila, förgiftningståliga, lågtemperaturaktiva zeolitbaserade SCR-katalysatorer är i detta sammanhang mycket intressanta. Syntes och funktionalisering av zeoliter är här särskilt intressant. Vid låga temperaturer är hydrolys av urea begränsande för NH_3 -bildningen. Intressant i detta sammanhang är att påskynda ammoniakbildningen genom katalys. För marina tillämpningar är behovet att få fram förgiftningståliga SCR-katalysatorer särskilt viktigt på grund av höga svavelhalter i bränslet. Vidare är tillförseln av urea/ammoniak till katalysatorn av stor betydelse för effektiv reduktion av NO_x och kommer därför att studeras under perioden. Kontrollerad transient tillförsel av reduktionsmedlet är ett lovande

koncept för effektiv NO_x -reduktion. För att undvika emissioner av NH_3 efter SCR-katalysatorn används katalysatorer som oxiderar överskott av ammoniak. Särskilt intressant är att få fram katalysatorer med hög aktivitet och hög selektivitet mot N_2 .

Selektiv reduktion av NO_x med bränsle eller bränslederivat

Med denna metod försöker man finna kombinationer av katalysatormaterial och reduktionsmedel som är effektiva för NO_x -reduktion i syreöverskott utan tillförsel av extern ammoniak eller urea. Reduktionsmedlet är bränslet i sig eller derivat/reformat av bränslet. Av stor betydelse för en effektiv NO_x -reduktion är typen av bränsle, katalysatorns aktiva fas samt katalysatorns bärarmaterial. Zeolitbaserade katalysatorer och katalysatorer baserade på silver-aluminiumoxid i kombination med alkoholbaserade bränslen är särskilt lovande i detta sammanhang.

NO_x -lagringskatalysatorer

Med denna metod lagras kväveoxiderna i katalysatorn som relativt stabila nitrater under magra förhållanden. När katalysatorn är mättad med nitrater frisätts och reduceras dessa till kväve genom att luft/bränsleförhållandet till motorn styrs så att en syrefattig, fet, avgassammansättning temporärt bildas. Efter regenereringen kan katalysatorn åter lagra NO_x . Ett stort problem i sammanhanget är deaktivering av katalysatorerna, särskilt av svavelföreningar från bränsle och smörjolja. Så kallad passiv NO_x -lagring vid låg temperatur och NO_x -lagringskatalysatorer utan ädelmetallinnehåll som tillåter NH_3 -dosering genom katalysatorn utan NH_3 -oxidation är särskilt intressanta att studera. Viktiga frågeställningar som kommer att studeras under Etapp 2018-2021 är förståelse av kinetik och mekanismer för lagring, regenerering och deaktivering av NO_x -lagrings-katalysatorer.

2.5.3 Katalytisk oxidation vid låg temperatur

Forsknings- och utvecklingsområdet syftar till att finna sätt att oxidera kolväten, kolmonoxid, oxygenater, samt partiklar/sot vid låga temperaturer. I detta sammanhang är emissioner av metan från naturgas och biogas särskilt värda att lyftas fram. Användningen av naturgas och biogas väntas öka och därmed även behovet av effektiv rening av metanemissioner. En starkt drivande utveckling mot ökad elektrifiering med allt mer bränsleeffektiva förbränningsmotorer som ger kallare avgaser ökar kraven på framtidens efterbehandlingssystem för avgaser. När bränsleeffektiviteten ökar minskar avgastemperaturen och katalysatorns kritiska arbetstemperatur (under vilken den inte fungerar tillfredsställande) måste sänkas. På motsvarande sätt ökar kraven på reningssystem för emissioner från stationära anläggningar för energieffektiv rening. I bägge fallen är katalysbaserade system som är effektiva vid låga temperaturer attraktiva lösningar för att möta både dagens och framtidens lagkrav och undvika extra energitillförsel för att höja

arbetstemperaturen. Under Etapp 2018-2021 kommer främst följande metoder och koncept för ökad aktivitet vid låga temperaturer att studeras:

Oxidation av partiklar/sot

Partiklar bildade vid ofullständig förbränning fångas in med hjälp av olika typer av partikelfällor. För att regenerera partikelfällan tillsätts extra bränsle till avgaserna som med hjälp av en katalysator förbränns och höjer partikelfällans temperatur tills termisk förbränning av den brännbara delen av partiklarna, d.v.s. sotet, sker. Med hjälp av katalytisk teknik kan förbränningstemperaturen, och därmed bränslestraffet, sänkas. Kväveoxid från förbränningen kan oxideras katalytiskt till NO_2 och utnyttjas som ett effektivare oxidationsmedel än syre för sot. Vidare kan sot i direkt kontakt med katalytiskt material i partikelfällan oxideras katalytiskt vid lägre temperatur än vid termisk förbränning. Kombinationer av ädelmetaller och metalloxider för att katalysera oxidationen av sot med syre i aktiva partikelfilter är här särskilt intressanta. Med ett effektivt utnyttjande av energiinnehållet i avgaserna kan temperaturen i reaktionszonen hållas hög medan avgasernas temperatur är låg. Genom utveckling av nya material och ny design av katalysatorsystemen kan reaktionszonen isoleras termiskt från avgaserna. Man kan utnyttja effekten både transient genom att bibehålla värmet i materialet då avgastemperaturen varierar i tiden och stationärt med effektiv isolering och värmeväxling. En optimering av värmefördelningen kan utnyttjas vid oxidation av sot i partikelfällor. I detta sammanhang är oxidation av sot med syre särskilt intressant. Med traditionella lösningar får man en ökning av temperaturen i reaktionszonen motsvarande den adiabatiska temperaturökningen. Med ny design och nya material som har låg värmeledningsförmåga men samtidigt hög permeabilitet för reaktanterna kan man få betydligt högre temperatur i reaktionszonen.

Oxidation av metan

Metan är det mest stabila av alla kolväten och därför även det kolväte som kräver högst temperatur för att elimineras termiskt såväl som katalytiskt. För närvarande är katalysatorer baserade på palladium de mest effektiva katalysatorerna för fullständig oxidation av metan. Känslighet för vatten och framförallt svavel-föreningar medför dock problem med katalysatordeaktivering. Med hjälp av promotering av palladium med metaller och/eller metalloxider kan känsligheten för vatten- och svaveldeaktivering minskas. Genom att placera den aktiva fasen på lämpligt sätt (icke-homogent) i katalysatorn kan katalysatorns effektivitet förbättras. Det kan göras genom att optimera den axiella och radiella fördelningen av aktivt katalysatormaterial samt den lokala koncentrationen av aktiv fas i katalysatorn. Vidare är oxidation av metan vid förhöjt tryck ett intressant koncept som kommer att studeras under Etapp 2018-2021.

Adsorption av kolväten och vatten

Vid låga temperaturer, t.ex. vid kallstart, kan svåroxiderbara avgaskomponenter såsom mättade kolväten adsorberas temporärt på adsorbenter placerade före oxidationskatalysatorn. När avgastemperaturen sedan ökar desorberar dessa ämnen och oxideras fullständigt i den nedströms placerade katalysatorn. Även vattenblockering av katalysatorns aktiva säten vid låga temperaturer kan minskas med hjälp av adsorbenter. Zeoliter och zeotyper är goda exempel på adsorbenter som, beroende på topologi, kemisk sammansättning samt typ av funktionalisering, kan adsorbera antingen kolväten eller vatten.

2.6 Energirelevans

Verksamheten inom KCK har mycket stor betydelse för omställningen till ett hållbart energisystem. Katalys innebär att aktiveringsbarriärer för kemiska reaktioner sänks och att reaktionerna därmed sker energimässigt mer gynnsamt. Katalytisk teknik är av central betydelse för miljövänlig energiteknik och för rening av emissioner från transporter och industriella processer. Nya effektivare katalysatorer för industriella processer samt för miljövänlig teknik förväntas kunna minska energianvändningen. Generellt förväntas katalytisk teknik spela en viktig roll i utvecklingen av ett hållbart energisystem och även på vägen dit genom effektivare användning och omvandling av fossila bränslen.

KCKs uppgift är att bedriva högkvalitativ forskning som leder fram till ny katalysbaserad teknik som bidrar till en ökad energieffektivitet, främjar användandet av förnybara bränslen och reducerar emissioner vid transporter och från processindustri. Den kompetensbas som byggs upp inom katalys är viktig för att kunna nå ett ekologiskt hållbart försörjningstryggt och konkurrenskraftigt energisystem.

2.7 Samhälls- och näringslivsrelevans

Generellt är samhällsrelevansen i hög grad den samma som energi- och miljörelevansen. Mer specifikt kan tilläggas att svensk fordonsindustri är väsentlig för det svenska näringslivet. I forskningsprogrammet Kompetenscentrum katalys deltar samtliga större svenska fordonstillverkare. Programmet fokuserar på centrala frågor som emissioner och energieffektivitet och är därför relevant för utvecklingen av svensk fordonsindustri. En energieffektiv rening av emissioner från förbränningsmotorer stärker konkurrenskraften för fordonstillverkarna samt deras underleverantörer i en alltmer globaliserad värld. Utveckling av bränsleekonomiska förbränningsprocesser med effektiv emissionsrening är även väsentligt för transportindustrin utöver fordonsindustrin. Programmet är därför relevant för utvecklingen av transportindustrin generellt. En energieffektiv

emissionsrening av processgaser stärker på motsvarande sätt konkurrenskraften för kemisk processindustri.

Tillverkare av katalysatorer och katalysatorbaserade system för emissionsrening och energiomvandling gynnas av resultat från forskningsprogrammet. Vidare gynnas tillverkare och producenter av förnybara drivmedel av lyckade resultat av forskningsprogrammet.

En ökad användning av förnybara bränslen bidrar starkt till ett hållbart energisystem. Resultat som leder till förbättrad bränsleekonomi gynnar ägare och användare av fordon. Låg bränsleförbrukning är idag ett av de viktigaste kundkraven från köpare av kommersiella fordon.

Resultaten från forskningsprogrammet kan påverka lagstiftningen genom att klarlägga möjligheter och konsekvenser av förändrade utsläppskrav vid transporter och för processindustrin. Förbättrad teknik för emissionsrening gynnar en bredare allmänhet i form av en bättre miljö men även svensk industris konkurrenskraft. Den långsiktiga kompetensuppbyggnaden förväntas ha stor betydelse för framtida katalysbaserad energiteknik.

2.8 Miljöaspekter

Miljörelevansen och klimatrelevansen är de drivande faktorerna för KCK, illustrerad av centrets visionsformulering: ”Visionen är att med ny och vidareutvecklad katalytisk teknik bidra till ett hållbart energi- och transportsystem”. Global uppvärmning är idag ett av de stora hoten mot vår miljö. Utsläpp av antropogen koldioxid utgör det största bidraget till den globala uppvärmningen. Transportsektorn står här för en stor del av koldioxidutsläppen. Med nya mer bränsleeffektiva förbränningsmotorer, elhybridteknik och bränslecellsystem kan CO₂-emissionerna minska. Genom att även öka användningen av förnybara bränslen kan andelen CO₂ från icke-förnybara, fossila, bränslen ytterligare minska. Det är därför av största vikt att utvecklingen av nya mer bränsleeffektiva motorkoncept påskyndas samt att användningen av förnybara drivmedel ökar. Samtidigt är det mycket viktigt att vinsten i bränsleeffektivitet inte medför ökade emissioner av skadliga ämnen som t.ex. kväveoxider, kolväten, partiklar eller andra växthusgaser förutom koldioxid såsom t.ex. metan och lustgas.

Miljöhänsyn på lokal, regional och global nivå är drivkraften till praktiskt taget all verksamhet i centret. KCKs uppgift är att bedriva högkvalitativ forskning som leder fram till ny katalysbaserad teknik som bidrar till en ökad energieffektivitet, främjar användandet av förnybara bränslen och nedbringar emissioner från transporter och processindustri till ett minimum.

2.9 Projektgenomförare/projektdeltagare

Forskningen inom KCK bedrivs genom tvärvetenskapliga projekt med stark koppling till näringslivet. Projekten sträcker sig från grundforskning till direkta tillämpningar. Projekten rymmer breda frågeställningar av intresse för såväl högskolan som näringslivet.

KCK leds av en föreståndare och en biträdande föreståndare. Forskningsprogrammets inriktning och innehåll definieras i Programbeskrivningen. Förslag till forskningsprojekt behandlas av KCKs programråd med representanter för medlemsföretagen, Chalmersavdelningarna och Energimyndigheten. Formellt beslut om nya projekt fattas av rektor eller enligt delegationsordningen av den som rektor utser därtill. Forskningsprogrammet granskas årligen av ett vetenskapligt råd som består av internationella experter inom programmets forskningsområde.

För att nå programmets mål är det viktigt att skapa kreativa och väl sammanhållna forskarmiljöer med tillräckligt stor kritisk massa. Genomförare av projekten i forskningsprogrammet är seniora forskare, doktorander och postdoktorer vid avdelningarna Kemisk fysik, Kemiteknik, Eva Olsson Group och Tillämpad kemi på Chalmers samt anställda, verksamma inom FoU, på medlemsföretagen. Här är industridoktorander viktiga för att få en väl sammanhållen forskarmiljö där både högskolan och medlemsföretagen deltar aktivt i forskningen. En annan viktig kategori är adjungerade professorer med förankring i medlemsföretagen.

Den nära kopplingen till KCKs medlemsföretag underlättar spridningen och vidareutvecklingen av projektresultat. *Majoriteten* av de disputerade forskarna som KCK producerat under innevarande och tidigare programperioder har fått anställning inom medlemsföretag eller företag nära knutna till centret.

2.10 Avnämare/intressenter

Avnämare till programmets resultat är primärt programmets medlemsföretag vilka är: AB Volvo, ECAPS AB, Johnson Matthey AB, Preem AB, Scania CV AB, Umicore AG & Co. KG, och Volvo Car Corporation AB. Rättigheterna till programmets resultat regleras av centrets immaterialrättsavtal.

I en vidare bemärkelse är även företag utanför programmets medlemssfär avnämare då majoriteten av programmets resultat publiceras i internationella vetenskapliga tidskrifter. Tillverkare och användare av katalysatorer och katalysatorbaserade system för emissionsrening och energiomvandling gynnas av positiva resultat från forskningsprogrammet. Dessutom gynnas tillverkare, producenter och användare av förnybara drivmedel för transporter av lyckade

resultat av forskningsprogrammet. På sikt kommer troligen en ökande andel av energiaktörerna på marknaden att intressera sig för katalytisk teknik för både tillförsel, omvandling, användning och miljörelaterad rening. Katalytisk teknik kommer med största sannolikhet att bli allt effektivare och därmed mera attraktiv för olika delar av processindustrin, framförallt för energieffektivisering.

En ökad användning av förnybara bränslen bidrar starkt till ett hållbart energisystem. Resultat som leder till förbättrad bränsleekonomi gynnar ägare och användare av fordon.

Resultaten från forskningsprogrammet kan påverka lagstiftarna att skärpa utsläppskraven vid transporter och för processindustrin. Skärpta lagkrav gynnar en bredare allmänhet men även svensk industris konkurrenskraft när det gäller energieffektiva lösningar för emissionsrening.

KCK ska vara en självklar samarbetspartner inom energi- och miljörelaterad katalys.

2.11 Arbetsätt

Kompetenscentrum katalys, Etapp 2018-2021, omfattar följande tre forsknings- och utvecklingsområden:

- Katalytisk teknik för energiomvandling
- Katalytisk reduktion av kväveoxider i syreöverskott
- Katalytisk oxidation vid låg temperatur

I dessa tre forsknings- och utvecklingsområden bedrivs centrets forskningsverksamhet under programperioden. I samtliga områden ingår projekt av mer generisk karaktär. För att uppnå målen i KCKs forskningsprogram behövs ett brett angreppssätt som bygger och utvecklar kunskapsplattformar. Inom varje forsknings- och utvecklingsområde behövs därför komponenter av skild karaktär.

- Tillverkning av katalysatorer
- Testning och utvärdering av katalytiska egenskaper
- Studier av reaktionsmekanismer
- Katalysatorkaraktärisering
- Teori- och modellbildning

KCK har under tidigare etapper byggt upp ett arbetsätt där varje projekt innehåller flera av dessa komponenter. Detta är en unik forskningsmiljö som programmet avser att utveckla. Det tvärdisciplinära arbetsättet med aktiviteter

från grundforskning till direkt tillämpning är av intresse för såväl deltagande forskare inom högskolan som för FoU-personal och produktutvecklare inom industrin.

Nya idéer till forskningsprojekt kan komma från flera håll, men ska vara i överensstämmelse med KCKs vision, syfte och mål samt denna programbeskrivning. Ny kunskap som har sprungit upp från ett projekt eller beskrivits i nya publikationer kan tydliggöra ett nytt och lovande område eller idé. Diskussioner i arbetsgrupper inom ett pågående projekt kan också ligga till grund för nya idéer. Även diskussioner mellan representanter från industrin, akademien, eller båda kan ge upphov till en projektidé. Under programperiodens gång är det viktigt att förändringar i omvärlden kan identifieras så att verksamheten styrs mot relevanta forskningsfrågor. Förslag till forskningsprojekt tas fram och bereds av programansvarig tillsammans med lämplig arbetsgrupp. Projektförslagen föreläggs därefter programrådet för prioritering och rekommendation inför beslut. Programrådet ska bedöma projektens relevans i förhållande till KCKs övergripande mål, hur väl projektförslaget passar in i centrets verksamhet, dess vetenskapliga kvalitet och om projektet rymms inom KCKs budgetramar. Formellt beslut om nya projekt fattas av rektor eller enligt delegationsordningen av den som rektor utser därtill. Det viktigaste kriteriet vid bedömning av ett projekt är dess överensstämmelse med programmets övergripande mål.

Projekten i KCK drivs huvudsakligen som stora öppna projekt där flera företag, som konkurrerar på samma marknad, deltar. Forskningsresultaten är huvudsakligen av generisk natur som leder till vetenskapliga publikationer snarare än patentansökningar. Detta utesluter inte att patenterbara resultat skyddas och att idéer som ej naturligt tas om hand av medlemsföretagen kan bidra till bildandet av nya företag.

Nedan följer exempel på de metoder som används inom centret.

Katalysatortillverkning

Tillverkning av katalysatorer sker med ett flertal metoder som t.ex. impregnering av bärmaterial med metallkomplex eller saltlösningar av föregångare till den aktiva fasen, sol-gelmetoder, mikroemulsionsteknik och samfällning av enskilda metallsalter för att tillverka blandoxider. Mikroporösa material som t.ex. zeoliter, zeotyper och mesoporösa material syntetiseras med olika metoder. Modellsystem kan tillverkas genom att väldefinierade matriser av nanopartiklar, där partikelstorlek och avstånd mellan partiklarna styrs, deponeras på väldefinierade ytor av substratmaterial. Tillverkningen av sådana system kan ske med flera metoder som finns tillgängliga inom centret. I detta sammanhang är det framför allt elektron-

strålebaserade tekniker (EBPVD och EBL), kolloidal litografi (CL), mikroemulsionsteknologi som är intressanta.

Testning och utvärdering av katalysatorer

Mätning av aktivitet, selektivitet och stabilitet sker i olika typer av flödesreaktor-system. Katalysatorer baserade på keramiska och metalliska monolitstommar samt pellets och pulverprover kan testas och utvärderas i dessa reaktorsystem. Temperaturprogrammerade metoder såsom reaktion (TPRS), desorption (TPD), oxidation (TPO) och reduktion (TPR) används som komplement till flödesreaktorförsöken vid katalysatorutvärderingen.

Studier av reaktionsmekanismer

Att utröna reaktionsmekanismer är en viktig del av katalysatorforskningen. För detta ändamål använder KCK flera s.k. in-situ och operandometoder, i vilka katalysatorer studeras under reaktion när de arbetar. Infrarödspektroskopi (FTIR/DRIFT) används för att följa bildning av adsorbat på katalysatorytan under reaktion. Dessa adsorbat ger viktig information om reaktionsvägar och mekanismer för katalysatordeaktivering. Röntgenabsorptionsspektroskopi (XANES/EXAFS) och högenergi-röntgendiffraktion (HE-XRD) används för att studera förändringar av katalysatorns aktiva fas och bärramaterialet under reaktion. Isotoputbytesstudier (SSTITKA) används med fördel både för kinetiska och mekanistiska studier av katalysatorer.

Katalysator karakterisering

Röntgenfluorescens (XRF) och röntgendiffraktion (XRD) används för att mäta sammansättning och struktur av kristallina faser, fotoelektron-spektroskopi (XPS/ESCA) används för att bestämma den kemiska sammansättningen på katalysatorytan och fysorption av kväve eller argon är den vanligaste metoden för att mäta katalysatorernas totalyta och porstorleksfördelning. För att mäta ytan av katalysatorernas aktiva fas används selektiv kemisorption. Vidare används mikrokalorimetri för att mäta adsorptions-, reaktions- och desorptionsvärme. Flera olika metoder baserade på elektronmikroskopi (t.ex. TEM och SEM) används för att direkt observera olika katalysatorkomponenter. Av särskild betydelse är transmissionselektronmikroskopi för in situ-mätningar av material i närvaro av reaktiva gaser (ETEM).

Teori- och modellbildning

Modellering och simulering är integrerade verktyg inom katalysatorforskningen. Modellering används för att förstå experimentella observationer och för att planera nya experiment. Modeller kan dessutom även användas för design och

dimensionering av katalysatorsystem, partikelfilter och i en fortsättning även för processtyrning t.ex. motorstyrning. Vid byggandet av teoretiska modeller beaktas reaktionskinetik och mass- och värmetransportbegränsningar. På makroskopisk nivå kan ett katalytiskt reaktorsystem behandlas med hjälp av fluiddynamik där källtermer beskriver kemiska reaktioner. På mesoskopisk nivå är transporten av reaktanter och reaktionsprodukter mellan gasfas och katalysatorns aktiva säten via katalysatorns porsystem det primära. Slutligen, på mikroskopisk nivå är lokala fenomen som adsorption, ytdiffusion, ytreaktion och desorption hörnstenar vid byggandet av teoretiska modeller. Olika teoretiska angreppssätt används beroende på vilket fenomen som studeras. Dessa spänner från strömningsdynamikberäkningar (CFD) till beräkningar baserade på kvantmekanik (DFT) för att beskriva kemiska bindningar och reaktioner. Inom KCK utvecklas beräkningsmetoder för att koppla kvantmekaniska metoder med olika typer av kinetikmodeller.

3 Bakgrund

Katalytisk rening av avgaser från Otto-motorer med stökiometrisk förbränning, d.v.s. konventionella bensinmotorer, är idag en väl etablerad teknik som radikalt har minskat halten skadliga ämnen i avgaser från bilar. Skadliga avgas-komponenter som produceras från varma motorer omvandlas mycket effektivt till oskadliga eller mindre skadliga ämnen i den konventionella trevägskatalysatorn. De lagkrav som drivit fram denna utveckling kommer att bli än hårdare och innefattar även dieselmotorer och fasta förbränningsanläggningar. Här finns emellertid stora vetenskapliga och tekniska problem kvar att lösa. Katalys i relation till ett hållbart energisystem är ett annat område som blir alltmer aktuellt. För energiomvandling är bränsleceller ett exempel där forskning behövs för att reducera behovet av dyra ädelmetaller. Ett ökande användande av förnybara bränslen kommer att leda till nya utmaningar när det gäller emissionsrening.

Med starka industrier inom fordonsteknik samt inom energi- och miljöteknik har Sverige stora möjligheter att utnyttja katalytisk teknik i industriell verksamhet. Det industrin främst frågar efter är mer kunskap inom katalytisk NO_x-rening, lågtemperaturaktivitet, transienta förlopp och katalysatoråtlighet/deaktivering. Dessa är utpräglade tvärdisciplinära forskningsområden. Det behövs kunskaper inom katalyskemi, kemisk reaktionsteknik, fysik och fysikalisk kemi, materialvetenskap, strömning, mass- och värmetransport m.m. Systemaspekterna kräver kunskap om förbränningsystem, process- och reglerteknik och sensorteknik.

KCK har som övergripande mål att bedriva högkvalitativ forskning och utveckling inom katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening för att bidra till hållbar tillväxt och energisystemets omställning. Under nuvarande och tidigare programperioder har KCK en kvalitativt och kvantitativt hög produktion av vetenskapliga artiklar i välrenommerade vetenskapliga tidskrifter. Hittills har centrets forskare publicerat fler än 475 vetenskapliga artiklar i ledande tidskrifter inom KCKs forskningsområden. Dessa artiklar har hittills över 13 000 citeringar. Vidare är KCKs så kallade h-index: 56 (Web of Science).

KCK utbildar forskare som är mycket attraktiva att anställa för industrin, akademien och andra organisationer i samhället. Av de doktorer som hittills har utbildats inom KCK har 75 % anställts av näringslivet. Under nuvarande och tidigare programperioder har KCK tagit fram många nya forskningsresultat och koncept inom katalysatordesign, katalysatorstabilitet, och katalysatormodellering som medlemsföretagen har använt i sin egen forskning och utveckling. Flera katalysatormodeller, framförallt kinetikmodeller, framtagna inom KCK har vidareutvecklats och integrerats av medlemsföretagen. Majoriteten av de doktorer som disputerat inom KCK och efter examen anställts av medlemsföretagen har

nyckelpositioner inom företagens forsknings- och utvecklingsavdelningar. Hittills har fler än 50 patent inom KCKs verksamhetsområden tagits av medlemsföretagen där minst en av de sökande har sin doktorsexamen från KCK.

Vidare är ECAPS AB och Insplorion AB spin-offföretag från KCKs verksamhet. ECAPS är ett helägt dotterbolag till Rymdbolaget (SSC), vilket utvecklar, tillverkar och marknadsför miljövänliga framdrivningssystem för satelliter. ECAPS högtemperaturstabila förbränningskatalysator har utvecklats i nära samarbete med KCK. Insplorion utvecklar och marknadsför instrument för bl.a. karakterisering av nanomaterial och katalysatorer. Företagets teknologi baseras på patent inom sensorteknologi (INPS) som är utvecklade av seniora forskare på KCK.

Den starka ställning för katalys som KCK har under nuvarande och tidigare programperioder skapat påverkar även grundutbildningen av ingenjörer med kunskap inom energiomställning. Sådan kunskap bidrar till att stärka det svenska näringslivets konkurrenskraft.

Forskningen inom katalytisk rening av emissioner innehåller forskningsprogram inom NO_x-rening och lågtemperaturaktivitet. Under Etapp 2018-2021 kommer KCK att fortsätta och vidareutveckla nuvarande projekt samt initiera nya långsiktiga projekt med bäring på ett hållbart energisystem. I förhållande till omvärlden är bedömningarna följande. Det finns för närvarande ingen jämförbar aktivitet i Sverige vad gäller både tvärvetenskaplighet, bredd, djup (grundforskning – tillämpad forskning), industrisamarbete m.m. beträffande katalytisk emissionsrening. Internationellt har KCK nått en ledande position inom framförallt katalytisk NO_x-rening. Grunden för det senare påståendet är t.ex. en lång rad inbjudna föredrag och artiklar till framstående vetenskapliga konferenser och tidskrifter, olika internationella uppdrag såsom utvärderingar och refereeuppdrag, samt omnämmande i kartläggningar av globala centra. Det långsiktiga behovet av forskning inom centrets verksamhetsområden kommer att öka. Detta gäller både katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening.

4 Genomförande

4.1 Tidplan

Programmet Kompetenscentrum katalys, Etapp 2018-2021 löper över fyra år med start 2018-01-01. En utvärdering av programmet kommer att utföras av Energi-myndigheten under 2021 för att utgöra underlagsmaterial för inriktning och nivå för eventuella fortsatta satsningar.

4.2 Budget och kostnadsplan

Budgetramen för programmet uppgår till 30 miljoner kronor per år, sammanlagt 120 miljoner kronor för hela perioden, 2018-01-01 – 2021-12-31. Chalmers och de deltagande medlemsföretagen deltar med såväl kontanta medel som natura-insatser.

Budgetsammanställning för KCK, Etapp 2018-2021 (2018-01-01 - 2021-12-31)

Intäkter	Kontant kSEK/år	Natura kSEK/år	Totalt kSEK/år	Totalt kSEK
Energimyndigheten	10 000		10 000	40 000
Chalmers	750	9 250	10 000	40 000
Medlemsföretagen	2 560	7 440	10 000	40 000
Summa	13 310	16 690	30 000	120 000

Företagsinsats för KCK, Etapp 2018-2021 (2018-01-01 - 2021-12-31)

Intäkter	Kontant kSEK/år	Natura kSEK/år	Totalt kSEK/år	Totalt kSEK
AB Volvo	450	1 150	1 600	6 400
Scania CV AB	450	1 150	1 600	6 400
Volvo Car Corp. AB	450	1 150	1 600	6 400
Preem AB	400	1 150	1 550	6 200
Umicore AG & Co.	400	1 150	1 550	6 200
Johnson Matthey AB	400	1 150	1 550	6 200
ECAPS AB	10	540	550	2 200
Summa	2 560	7 440	10 000	40 000

Kostnadsplan för KCK, Etapp 2018-2021 (2018-01-01 - 2021-12-31)

Kostnader	2018	2019	2020	2021	Totalt
	kSEK	kSEK	kSEK	kSEK	kSEK
Lönekostnader	18 040	18 401	18 769	19 144	74 354
Material	290	290	290	290	1 160
Utrustning	2 200	2 200	2 200	2 200	8 800
Resor	188	190	192	194	764
Övriga kostnader	880	885	890	890	3 545
Indirekta kostnader	7 559	7 688	7 819	7 951	31 017
Konsultkostnader	90	90	90	90	360
Summa	29 247	29 744	30 250	30 759	120 000

Lönekostnader omfattar kostnader för personal verksamma inom KCK. Utrustning omfattar hyreskostnader för utrustning samt kostnader för underhåll och uppgradering av utrustning direkt kopplad till centrets verksamhet. Material avser förbrukningsmaterial. Resor omfattar resekostnader för personal verksamma inom centret. Övriga kostnader avser programrådsmöten, möten med KCKs vetenskapliga råd och övriga möten inom centret samt diverse övriga kostnader som hör till centrets verksamhet. Indirekta kostnader och konsultkostnader avser indirekta kostnader respektive kostnader för konsulttjänster direkt kopplade till centrets verksamhet.

4.3 Ansökningskriterier och hantering av ansökningar

Forskningsprogrammets inriktning och innehåll definieras i Programbeskrivningen. Förslag till forskningsprojekt behandlas av KCKs programråd. Formellt beslut om nya projekt fattas av rektor eller enligt delegationsordningen av den som rektor utser därtill efter rekommendation av programrådet.

Vid val av projekt är det viktigaste kriteriet att projektet väl stämmer överens med forskningsprogrammets övergripande mål. Utöver detta bedöms även projektets vetenskapliga kvalitet, intresse och medverkan från medlemsföretagen, energi- och miljörelevans, samverkan med institutioner och organisationer utanför centret och projektets kostnader.

4.4 Programråd

KCK leds av en föreståndare och en biträdande föreståndare. KCKs programråd består av representanter från medlemsföretagen, Chalmers och Energi-

myndigheten. Programrådets sammansättning beslutas av Chalmers rektor i samråd med Energimyndigheten. Vid tillsättning av programrådet gäller en genusbalans om 60/40.

Centret har även ett internationellt vetenskapligt råd (International Advisory Board, IAB) som årligen besöker KCK. Vid besöket tar IAB del av den forskning som genomförts under senaste året och ger därefter råd gällande arbetssätt och forskningsinriktningar. IAB har för närvarande tre medlemmar: Enrico Tronconi (Politecnico di Milano), Ib Chorkendorff (Danmarks Tekniske Universitet) och Christine Lambert (Ford Motor Company). Dessutom har centret en senior rådgivare; Galen Fisher (University of Michigan).

4.5 Kommunikationsplan och resultatspridning

Syftet och målgrupper med rapportering och resultatspridning är:

- (i) Säkerställa att forskningsresultaten sprids till industrin, där de kan utnyttjas för att utveckla ny katalysbaserad teknik som gör det möjligt att förbättra den lokala såväl som den regionala och globala miljön samt leda till ett hållbart energieffektivt samhälle.
- (ii) Resultatspridningen till det vetenskapliga samhället, som nås genom vedertagna kanaler såsom vetenskapliga tidskrifter med referentgranskning (peer review) och internationella konferenser.
- (iii) En informationsspridning av bredare och mer lättillgänglig natur är speciellt viktig inom centrets område, eftersom de miljö- och energi-frågor som centret arbetar med är av stort allmänintresse.

Följande aktiviteter underlättar spridning av resultat till industrin och andra direkta avnämare:

- Deltagande i årliga forskningsseminarier såsom Energimyndighetens stora fordonskonferensserie -Energirelaterad fordonsforskning.
- Presentation av projektet i de sammanhang där Energimyndigheten så begär, varvid det ska framgå att projektet helt eller delvis finansieras av Energi-myndigheten.
- Årlig lägesrapport ska inlämnas som beskriver hur arbetet fortskrider och eventuella avvikelser från plan samt redogör för viktigare uppnådda resultat i projekten.

- En skriftlig slutrapport med sammanfattning på svenska och engelska inlämnas till Energimyndigheten. Slutrapporten ska vara populärvetenskapligt skriven.
- Direktöverföring av kunskap, metoder, kompetens i projekten och via personer som utbildats i centret och anställs av industrin.
- Centrets webbsida.

Informationsspridning och kommunikation till samhället i bred mening (allmänhet, myndigheter, politiker etc.) är viktig och samtidigt en utmaning. Personer verksamma i KCK har ett flertal engagemang i miljö- och energifrågor t.ex. i KVA⁶- och IVA⁷-kommittéer. Centrets medarbetare kommer på olika sätt att engagera sig i samhällsdebatten och populärvetenskapliga presentationer (t.ex. Vetenskapsfestivalen i Göteborg). Centret kommer också att utnyttja sin webbsida för dessa ändamål.

4.6 Syntes

Forskningsprogrammet kommer årligen att granskas av KCKs vetenskapliga råd, IAB, som består av internationella experter inom programmets forskningsområde. Deras kommentarer och råd används för att kontinuerligt förbättra KCKs verksamhet och kommer att läggas till grund för en syntes som initieras av programrådet mot slutet av perioden, d.v.s. 2021. I syntesen ingår även utvärderingar gjorda under tidigare etapper. Under föregående etapper har syntesarbetet bestått i att kritiskt granska och revidera det programinnehåll och de projekt som drivs. Detta har varit ett omfattande arbete över flera år.

4.7 Utvärdering

En utvärdering av programmet kommer att utföras av Energimyndigheten under 2021 för att utgöra underlagsmaterial för inriktning och nivå för eventuella fortsatta satsningar. Centret har vid flera tillfällen utvärderats. Resultaten från dessa utvärderingar har använts för att utveckla centrets verksamhet. En detaljerad beskrivning om framtida utvärderingsbehov är möjlig först då upplägg och önskemål från Energimyndigheten är fastlagda. I stora drag avses utvärderingen att förberedas på följande sätt:

Material som ska ställas utvärderarna tillhanda inför utvärderingen:

⁶ Kungliga Vetenskapsakademien

⁷ Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien

- Programbeskrivningen
- Mål för programmet och de enskilda projekten, genomförandet samt beskrivning av skäl för olika beslut under programmets gång. En övergripande redovisning av uppnådda resultat och avstämning av dessa mot uppsatta mål och framgångskriterier. En del av dessa beskrivs nedan.
- Information om forskningsgruppen; deltagande forskare och personal, genusbalans, inblandade myndigheter, industriella samarbetspartners, ekonomisk översikt, organisation och ledarskap.
- Information om vilka informationsaktiviteter som planerats och genomförts inom programmet och projekten, som konferenser, pressmeddelanden, artiklar och besök.
- Tekniska och vetenskapliga resultat samt hur resultaten implementeras; kort om nuvarande forskning och projekt (fokus, mål, nya angreppssätt och metoder), vetenskapliga rapporter, examination, utbildning, kurser och seminarier.
- Centrets roll i ett internationellt och ett nationellt perspektiv; arbetet mot långsiktiga mål, hur framgångsrik är centret i en internationell jämförelse, internationellt utbyte, roll inom universitetet.
- Avnämarnytta, påverkan på avnämare; kort sammanfattning av nuvarande medverkan från industrin och hur den har utvecklats sedan starten, arbetssätt, hur överförandet till avnämare underlättats, kommersialisering, lyckade projekt, inflytande på avnämarnas deltagare, miljö- och energirelevans.
- Förslag på behov av och inriktning på eventuell fortsatt forskning och utveckling.

5 Avgränsningar

5.1 Forsknings-, utvecklings- och teknikområden

Nyckelorden för KCK är energi, miljö och katalys. Verksamheten i centret är huvudsakligen inriktad mot katalys för energiomvandling och katalys för emissionsrening.

Närliggande områden som inte omfattas av programmet utgörs av förbränningsmotorteknik samt förbränningsprocesser. Även med prefixet ”katalys” finns betydande avgränsningar. Industriell katalys för t.ex. kemikalieproduktion och livsmedel, oljeraffinering m.m. ingår inte generellt. Dessa områden kan dock beaktas i den mån det finns tydliga energi-effektiviseringsaspekter eller miljöaspekter, och/eller starka synergier med befintliga projekt. För att uppnå en kritisk massa inom de projekt som drivs, är det viktigt att forskningsprogrammet är fokuserat på ett begränsat antal områden som medlemsföretagen är intresserade av och som utnyttjar och utvecklar medlemsavdelningarnas intellektuella kapital.

Under programmets tidigare etapper har verksamheten varit fokuserad på rening av emissioner från fordon och från fasta anläggningar. Forskningen inom katalytisk rening av emissioner har innehållit forskningsprogram inom NO_x-rening och lågtemperaturaktivitet. Under den kommande perioden kommer dessa projekt, som fortfarande har hög aktualitet för medlemsföretagen, att vidareutvecklas. Under Etapp 2018-2021 kommer verksamheten vidare att breddas med ökade aktiviteter inom området katalys för ett hållbart energisystem.

5.2 Andra anknyttande program inom Energimyndigheten

Förbränningsmotorteknik, CERC⁸, är ett kompetenscentrum vid Chalmers tekniska högskola som är finansierat av Energimyndigheten, Chalmers och flera medlemsföretag. CERC startade 1995 och är fokuserat på forskning inom förbränningsprocesser, särskilt bränslespraymodellering, diagnostik och flampropagering. Under innevarande programperiod har ett flertal projekt inom KCK bedrivits i nära samarbete med CERC. Särskilt lämpliga samarbetsprojekt i detta sammanhang är projekt som har systemperspektiv, d.v.s. inkluderar förbränning, elhybrid-drift, styrning och katalytisk emissionsrening.

⁸ Combustion Engine Research Center

Förbränningsprocesser, KCFP⁹, är ett kompetenscentrum vid Lunds tekniska högskola, finansierat av Energimyndigheten, Lunds tekniska högskola och flera medlemsföretag. Forskningen inom KCFP är fokuserad på diagnostik och modellering av förbränningsprocesser relevanta för industriella processer.

Gasväxlingsteknik, CCGEx¹⁰, är ett kompetenscentrum vid Kungliga tekniska högskolan finansierat av Energimyndigheten och flera medlemsföretag. Forskningen inom CCGEx är fokuserad på förbränningsmotorteknik och särskilt inriktat mot gasväxling och överladdning.

Elektromobilitet, Swedish Electromobility Centre (SEC), är ett kompetenscentrum vid flera svenska universitet och högskolor finansierat av Energimyndigheten och flera medlemsföretag. Centrets verksamhet är fokuserad mot forskning och utveckling av el- och hybridfordon och laddinfrastruktur.

En bredare samverkan mellan kompetenscentra CERC, KCFP, CCGEx, SEC och KCK, Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel samt industrin inom svensk drivlineforskning utarbetas för närvarande. Visionen är att utsläppen från förbränningsmotorer med katalytisk efterbehandling ska vara noll med avseende på skadliga emissioner såsom kväveoxider, partiklar, kolmonoxid och kolväten samt noll med avseende på nettoutsläpp av växthusgaser.

5.3 Andra anknyttande aktörer

Verket för innovationssystem, VINNOVA är värd för kansliet för Fordonsstrategisk Forskning och Innovation – FFI. Svenska staten har genom myndigheterna VINNOVA, Vägverket och Energimyndigheten tecknat avtal med svensk fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter. Övergripande innebär satsningen ett samarbete för att nå samhällliga och industriella mål inom de två temaområdena Klimat & Miljö respektive Säkerhet.

Stiftelsen för miljöstrategisk forskning, MISTRA, är en stiftelse som finansierar och organiserar forskning som syftar till att lösa strategiska miljöproblem. Ett MISTRA-program är framgångsrikt när vetenskapligt högtstående forskning kommit till praktisk användning i företag, i myndigheter eller i olika organisationer.

Stiftelsen för Strategisk Forskning, SSE, är en fri, oberoende forskningsfinansierare inom det offentliga forskningsfinansieringssystemet. Enligt stadgarna ska SSE

⁹ Kompetenscentrum Förbränningsprocesser

¹⁰ Competence Center for Gas Exchange

stödja forskning inom naturvetenskap, teknik och medicin. Den stödda forskningen ska hålla högsta möjliga kvalitet, men också kunna nyttiggöras inom svensk industri och samhället i övrigt.

Vetenskapsrådet, VR, är en statlig myndighet med ett nationellt ansvar för att utveckla svensk grundforskning och forskningsinformation. Där har tidigare ingått en energigrundforskningsdel.

5.4 Forsknings- och utvecklingsområden – översikt

5.4.1 Katalytisk teknik för energiomvandling

KCK har via externa anslag under nuvarande etapp startat projekt inom katalytisk hydrering för bränsleproduktion. Särskilt intressant i detta sammanhang är selektiv katalytisk hydrering av oxygenater för produktion av biobaserade bränslen. Viktiga frågeställningar rör selektiviteten vid hydrering av oxygenater samt förståelsen av de mekanismer som bidrar till katalysatordeaktivering vid hydrering av biobaserade råvaror. Aktiviteten inom detta område väntas öka under Etapp 2018-2021. Andra projekt inom området katalys för energiomvandling, som har initierats inom centret under innevarande programperiod är direkt partiell oxidation av metan till metanol och hydrogenering av CO₂ till metanol.

KCK driver för närvarande flera projekt rörande förnybara bränslen, framförallt projekt där efterbehandling vid användning av biogas, bioalkoholer, bioetrar som alternativbränsle studeras. Intresset för förnybara bränslen väntas öka under perioden.

5.4.2 Katalytisk reduktion av kväveoxider i syreöverskott

Problemet att reducera kväveoxider i syreöverskott kommer att vara ett viktigt forsknings- och utvecklingsområde under många år framöver. Hårdare lagstiftning introduceras successivt runt om i världen, och det finns idag ingen riktigt bra lösning på problemet med mager NO_x-reduktion, särskilt vid låga temperaturer. Problemet är även relaterat till bildning av sot/partiklar eftersom man i motorsstyrningen kan välja lägre förbränningstemperaturer som ger mindre NO_x men mer partiklar och vice versa. Svårigheter med NO_x-reduktionen är att erhålla en hög omsättning med lång varaktighet samt valet av reduktionsmedel och det sätt som detta tillförs på. Intresset för dessa problem kommer fortsatt att vara starkt från majoriteten av centrets medlemsföretag under Etapp 2018-2021.

5.4.3 Katalytisk oxidation vid låg temperatur

Problemet med låg omsättning i katalysatorn vid kallstart av fordon är idag ett mindre problem än det har varit under tidigare perioder av centrets forsknings-

program. En ständigt förbättrad bränsleekonomi leder däremot till kallare avgaser som ändrar problemets karaktär från att ha varit ett övergående problem vid kallstart till att bli ett kontinuerligt problem under långa perioder med kalla avgaser. På motsvarande sätt är problemet att energieffektivt oxidera låga koncentrationer av emissioner från processindustrier ett aktuellt problem. Hög aktivitet, hög selektivitet och hög tålighet mot katalysatorgifter är här centrala krav på katalysatorn. Om drifttemperaturen kan sänkas utan förlust av katalytisk omsättning och utan förgiftning, innebär det stora energibesparingar.

Oxidation av sot/partiklar är ett kritiskt område för dieselfordon men även aktuellt för fordon med direktinsprutade bensinmotorer. Det finns här ett starkt intresse till forskning och utveckling av effektiva katalysbaserade koncept för infångning och oxidation av sot/partiklar från flera av centrets medlemsföretag.

En starkt drivande utveckling mot ökad elektrifiering med allt mer bränsle-effektiva motorer som ger kallare avgaser ökar kraven på framtidens efter-behandlingssystem för avgaser. Emissionsrening från förbränning av förnybara bränslen som t.ex. biogas, bioalkoholer, bioetanol och biodiesel är ett område som väntas öka. Låga avgastemperaturer är särskilt utmanande för effektiv rening av emissioner från motorer med biogas som bränsle. Problemet att katalytiskt omvandla kalla avgaser är även starkt knutet till NO_x-programmet.

5.5 Internationell samverkan

Sedan starten 1995 har flera internationella företag varit medlemmar i centret (Johnson Matthey-CSD, AVL MTC, Albemarle Catalysts, Haldor Topsøe, Wärtsilä Finland). Flera medlemsföretag har internationella ägare. Till centret är dessutom flera internationella företag knutna genom externt finansierade projekt av t.ex. EU, Nordforsk, KAW, DSF och Röntgen-Ångström (VR).

KCK har under lång tid deltagit i EU-finansierade projekt inom bl.a. hållbar utveckling som t.ex. Green heavy duty engine (GREEN), Integrated gas powertrain -Low emissions, CO₂ optimised and efficient CNG engines for passengers cars and light duty vehicles (INGAS), Post-treatment for the next generation of diesel engines (PAGODE), Compressed natural gas (CNG), Low temperature active urea based selective catalytic reduction of NO_x (LOTUS), Automotive high-temperature fuel cell membranes (Autobrane) och Coordination action of research on intermediate and high-temperature specialized membrane electrode assemblies (CARISMA). För närvarande deltar KCK i EU-projektet Real world advanced technologies for diesel engines (REWARD).

En annan viktig dimension av internationell samverkan är samarbeten med andra framstående centra och forskargrupper. Kontakterna med DTU¹¹ och DTU-gruppens starka koppling till Haldor Topsøe A/S är ett exempel, där utbytet önskas växa. Ett antal centra i världen kommer att kontaktas för att utforska möjligheter till samarbete.

¹¹ Danmarks Tekniske Universitet

6 Ytterligare information

Greger Ledung
Energimyndigheten
Avdelningen för Forskning och Innovation
Box 310
631 04 Eskilstuna
Tel: 016 - 544 21 21
E-mail: greger.ledung@energimyndigheten.se

Magnus Skoglundh, Föreståndare för Kompetenscentrum katalys
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Tel: 031 – 772 29 74
Mobil: 0703 – 08 80 74
E-post: skoglund@chalmers.se