

Ansökan till Region Kronoberg och ERUF

1. Projektnamn

Kompetens- och teknikspridning om kalla magneter för tillgång till en breddad internationell marknad

2. Aktivitetsplan

Lista över alla aktiviteter med beskrivning (max. 4000 karaktär var).

Projektets startdatum: 1 oktober 2020

Projektets slutdatum: 28 februari 2023

Aktivitet	Beskrivning	Startdatum	Slutdatum	Kostnad
-----------	-------------	------------	-----------	---------

Aktivitet: Extern kommunikation och resultatspridning (obligatorisk ERUF)

Startdatum: 1 januari 2021

Slutdatum: 28 februari 2023

Kostnad:

Delaktivitet: Kommunikation

Delmål:

Ansvarig: Uppsala universitet

Inledningsvis tas en kommunikationsplan fram för projektet utifrån de målgrupper som projektet har. I detta arbete blir det viktigt att säkerställa att kommunikationsinsatser som planeras görs relevanta för hela målgruppen. Målsättningen är att hålla en kontinuerlig dialog med projektets målgrupper och därigenom understödja relationen mellan målgrupp och projekt. I all kommunikation kommer det att synliggöras att projektet finansieras med EU-medel. Tillika kommer projektet att följa ERUF:s allmänna informationskrav och grafiska riktlinjer, inklusive användandet av loggor enligt anvisningar. I detta blir det också viktigt att dra nytta av småländsk media och då både tidningar och radio. Detta görs genom att arbeta med pressreleaser utefter en fastlagd strategi. Här kan också någon enstaka renodlad media-träff anordnas i den mån det bedöms nödvändigt.

Information om projektets förmåga att stötta innovativa idéer kommer delas och det finns också möjlighet att lyfta in enstaka idéer från andra förvaltningar för att skapa engagemang och djupare förståelse för möjligheterna. Detta arbete kommer göras kontinuerligt under projektets gång. Genom detta är tanken att skapa förutsättningar för att kunna fortsätta arbetet med att arbeta med innovativa idéer i hela Kronobergsregionen.

Klart är att projektet även efter sitt slut kommer ha skapat nya relationer mellan forskare och näringsliv som kommer vara av stort värde för arbetet med att skapa fler innovationer och innovativa företag i Kronobergsregionen.

Delaktivitet: Resultatspridning

Delmål:

Ansvarig: Uppsala universitet

Projektet kommer att sprida sina resultat national och international inom forskningsvärlden, teknikvärlden och näringsliv. Resultat av nya magnet brukas sprida vid "International Particle Accelerator Conference" (IPAC) och "International Conference on Magnet Technology" (MT). Under 2021 och 2022 planeras de att organiseras i Sud-Amerika och Asien. Pga. Covid-19 är det inte säkert om konferenserna kommer att organiseras på vanligt sätt i 2021. Därför kommer projektet i första hand att publicera resultat skriftligt vid dessa konferenser och till internationella forskningstidskrift.

Inom Sverige brukar "Big Science Sweden" organisera möte mellan näringsliv och forskningsvärlden för att stimulera näringslivets kontakt med forskningsvärlden och kommersiella kontrakt från forskningsvärlden till svensk industri. Projektet kommer att delta i dessa möten för att presentera bada sin forskningsnära samverkan med näringslivet och projektresultat.

Aktivitet: Avslutsarbete (obligatorisk ERUF, 2 månader, genomförande direkt efter projektets slut)

Startdatum: 1 mars 2023

Slutdatum: 30 april 2023

Kostnad:

Delmål:

Ansvarig: Uppsala universitet

Arbetet med slutredovisningen kommer att ledas av projektledningen, i första hand projektledaren, biträdande projektledare och Scanditronix projektledare, tillsammans med ekonomiansvarige, en av UU:s experter i supraledande magneter, och LNU:s expert i forskningsnära samverkan. I denna fas kommer vi att arbeta med att sammanställa och analysera de resultat som uppnåtts i projektet och slutrapportera dessa. Detta kommer göras internt i projektgruppen men även med externa intressenter för att få en bättre bild av vad projektet bidragit med även utanför de uppsatta målen. Tiden för avslutsarbete kan begränsas till 2 månader där projektet planerar, i den mån det är möjligt, att förbereda och uppdatera resultat och redovisning löpande under projektet.

Projektet kommer att offentlig presentera och sprida de resultat som uppnåtts. Det kommer också ges möjligheter för deltagare att komma med inspel kring deras syn på projektet i samband med detta.

Input från den externa utvärderaren kommer vara viktig input i denna del. Den externa utvärderaren kommer även involveras löpande under projekttiden och då fungera som ett stöd för projektets genomförande.

Projektet kommer att analysera de uppsatta målen samt redogöra för oförutsedda effekter och resultat i denna aktivitet. Dokumentationen kommer sammanställas i en slutrapport tillsammans med den ekonomiska rapporteringen.

Aktivitet: Utvärdering och lärande (obligatorisk ERUF)

Startdatum: 1 januari 2021

Slutdatum: 28 februari 2023

Kostnad:

Delmål: Utveckla en överförbar modell för forskningsnära samverkan med näringslivet

Ansvarig: Linnéuniversitet

En extern utvärderare kommer att anlitas för projektet och fungera som stöd för projektledaren och projektgruppen. Tillsammans med den externa utvärderaren kommer en plan tas fram för utvärdering av projektet. Fokus kommer att ligga på målen, både de specifika i projektet och de horisontella samt aktiviteterna.

Den externa utvärderaren kommer utvärdera kommunikationsinsatserna framförallt med fokus på målgruppens kännedom och attityd till projektet samt hur projektet säkrar jämställdhet och mångfaldsperspektiv i kommunikationen. Då detta görs kontinuerligt under projektet skapar det förutsättningar för att justera kommunikationen och kommunikationsinsatserna i den mån resultatet inte är önskvärt.

Den externa utvärderaren kommer att följa projektet utifrån dess målsättningar och efterlevande av strategier såsom Europa-2020.

En strategi för lärande kommer att tas fram inom projektet. En viktig del i detta är att säkerställa att projektdeltagarna träffas regelbundet oavsett placeringsort för att diskutera de utmaningar som uppkommit och som de står inför. I detta lyfts också miljö- och klimataspekter, jämställdhet och mångfald samt hur dessa parametrar kan bidra till att stärka projektet kontinuerligt.

En överförbar modell kommer att utvecklas för forskningsnära samverkan med näringslivet. Relationerna mellan samarbetsparter kommer att leva kvar efter projektet och ska stärkas för framtida projekt i samverkan med regionala forskningsparter i första hand från Linnéuniversitet. Den modellen som ska utvecklas skall kunna tillämpas för framtida projekt med andra näringslivsaktörer. **En rapport ska författas om hur detta mål kan uppnås.**

För att möjliggöra en fortsatt utveckling och tillverkning av supraledande magneter i Sverige krävs innovationssamverkan mellan forskning och näringsliv. Ett klusterinitiativ med forsknings- och innovationssamverkan mellan avancerad forskning och regionens småskaliga näringsliv ligger helt i linje med målen i den Regionala innovationsstrategin för Kronobergs län. Det är ett exempel på utmaningsdriven innovation och stärker länken mellan forskning, utbildning, och näringslivets behov. Det bidrar därmed i arbetet med att möta regionens definierade utmaningar. Samverkan i ett innovationskluster för att konstruera och tillverka en prototyp av en supraledande CCT-magnet är samhandling för att utveckla och demonstrera internationell konkurrenskraft.

Aktivitet: Projektledning

Startdatum: 1 januari 2021

Slutdatum: 28 februari 2023

Kostnad:

Delmål:

Ansvarig: Uppsala universitet

Projektledning utförs i kollegial sammanhållning med alla partners i projektet. Ledningsuppgifterna inkluderar allmän koordination, kontinuerlig uppföljning av projektets arbete och resultat, organisation av projektmöte och styrelsemöte. Uppgiften inkluderar administrativ, finansiell, och avtalsuppföljning enligt bidragsvillkor. Projektledningen kommer att stödja alla aktiviteter efter behov.

Projektledning inrättas bestående av allmän projektledare (ordförande, UU), biträdande projektledare (LNU), finansiell administratör (UU), projektledare Scanditronix Magnet, teknisk ledare Scanditronix Magnet, projektledare Ryd-Verken, och projektledare Vislanda Vattenskriningsteknik.

Projektledningen kommer även att ta ansvar för upphandling av stora materialinköp (supraledande kabel, järn för oket) och externa tjänster (isolation och lindning av supraledande kabel).

Uppsala universitet tar ansvar för att projektet har tillgång till IT-verktyg och infrastruktur som krävs för effektiv ledning och förvaltning av projektet.

Aktivitet: Kompetensutveckling

Startdatum: 1 januari 2021

Slutdatum: 28 februari 2023

Kostnad:

Delmål: kompetensutveckling

Ansvarig: Uppsala universitet

Denna uppgift börjar med en första identifiering för behov av kompetensutveckling och metodutveckling hos deltagande företagare. Därefter organiseras löpande under hela projektet utbildning i kall magneteknik. Externa specialister i kall magneteknik från t.ex. CERN ska inbjudas för diskussionstillfälle med målgruppen. Studiebesök till FREIA-laboratoriet kommer att organiseras i början av projektet följt av ett studiebesök till CERN i ett senare stadium men också under första året av projektet. Underrepresenterade grupper, liksom kvinnor och utlandsfödda, kommer att få extra stöd för att delta. Vid deltagande företag arbetar för nuvarande bara ett fåtal kvinnor med tekniska uppgifter, mestadels som tekniker. Aktiviteten kommer därför att försöka inspirera de genom att organisera speciella tillfällen för kompetensutveckling av tekniker. Studiebesök till både FREIA-laboratoriet och CERN kommer att anordnas för ingenjörer och tekniker från samarbetsparter. Målgruppen får möjlighet att träffa och diskutera med universitetets experter inom supraledande magneter, att se vilken utrustning som används för test och utvärdering av supraledande magneter. Under andra projektåret organiseras ett besök till CERN för att målgruppen kan träffa och diskutera deras experter i supraledande magneter, och att höja kunskap kring utrustning för, utvärdering av, och användning av supraledande magneter. I slutet av projektet när den tillverkade prototypen testas i FREIA organiseras ett besök till FREIA för att målgruppen kan delta i utvärderingen.

Aktivitet: Magnetdesign

Startdatum: 1 oktober 2020

Slutdatum: 31 december 2022

Kostnad:

Delaktivitet: Magnetisk design och quench-skydd

Delmål:

Ansvarig: Uppsala universitet

Målet är att tillverka en första prototyp av en superledande CCT-magnet, lika en magnet som kan användas i en accelerator. CERN LHC-acceleratorn innehåller så kallade ”orbit corrector” magneter som är grupperade två stycken i en enhet med gemensamt järn ok. Dessa magneter ska tillhandahålla ett fält på 3,11 T vid en ström av 100 A och kylas till en temperatur av 1,9 K. Magneterna har en öppningsdiameter på 70,4 mm för att partikelstrålen ska passera, en magnetisk längd på 900 mm, en total längd på 1100 mm och ytterdiameter upp till

475 mm. Utformningen av dessa magneter måste passa in i täta fältkvalitetskrav, som kommer från stråldynamikkraven från partikelacceleratoren, men som är en integral del av CCT-konceptet på grund av CCT-solenoid-spolens höga fältkvalitet.

Canted cosine-theta (CCT)-konceptet, introducerades av D.I. Meyer och R. Flasck (Nucl. Instr. Meth. A80, 1970, sid. 339-341), och är baserat på motsatta vinklade solenoider. Två solenoider med motsatt vinkel skapar ett dipolfält eftersom den horisontella komponenten av magnetfältet kompenseras mellan de två solenoiderna medan det vertikala fältet är förstärkt. De vinklade solenoiderna skapar en strömtäthet som är nära en perfekt "cosinus-teta"-fördelning och därför en helt enhetlig magnetfältfördelning som inte kräver fältoptimering till skillnad från en klassisk kosinus-teta-design. Fältvolymen används mycket effektivt och inga speciella sluteffekter skapas, och därför krävs inte heller några speciella konstgrepp för ändarna till skillnad från en klassisk kosinus-teta-design. Den mekaniska konstruktions- och lindningsprocessen förenklas jämfört med en klassisk kosinus-teta-konstruktion eftersom de individuella lindningarna av supraledande kabeln är placerade i ett spår i magnetspindelns. Lorenz-krafterna på lindningarna omdirigeras således till magnetspindelns. De cirkulära spiralerna och den resulterande cylindriska magnetspindelns kompakta struktur förenklar hanterings- och monteringsprocesserna.

En quench är en onormal avslutning av magnetoperationen som inträffar när en del av den supraledande spolen går in i det normala (resistiva) tillståndet. Detta kan inträffa när magnetfältet inuti magneten är för stort, när strömen i magneten är för stort, när hastigheten för förändring av fältet är för stor, magneten har ett defekt, eller en kombination av dessa. När detta händer utsätts den specifika platsen för snabb uppvärmning från den enorma strömmen, vilket höjer temperaturen i de omgivande regionerna. Detta driver också dessa regioner i normalt tillstånd, vilket leder till mer uppvärmning i en kedjereaktion. Hela magneten blir normalt ledande inom några sekunder. Den plötsliga minskningen av strömmen kan resultera i kilovolt induktiva spänningsspicar och bågar. Permanent skada på magneten är sällsynt, men komponenter kan skadas av lokal uppvärmning, höga spänningar eller stora mekaniska krafter. (https://en.wikipedia.org/wiki/Superconducting_magnet)

En quench simulering av magneten ska utföras för att verifiera om en passiv kylning är tillräcklig för att skydda magneten eller om aktiva kylvärmare eller strömottag krävs. Passiv quench-back uppvärmning erhålls av kopparsträngarna i rep-kabeln och (aluminium) magnetspindelns. En quench av den supraledande kabeln måste föröka sig på ett sådant sätt att den fördelar värmebelastningen över hela magneten och förhindrar en lokal överhettning och utbränning av den superledande kabeln.

Delaktivitet: Mekanisk design och produktionsritningar

Delmål:

Ansvarig: Linnéuniversitet

Magnetens (teoretiska) utformning måste översättas till en mekanisk konstruktion inklusive magnetspindel, förbindelse mellan superledande kablar, järn ok, stöd mm. Den mekaniska konstruktionen ska optimeras för framtida serieproduktion med tanke på kommande upphandling av CERN. Produktionsteckningar behövs framställas för tillverkning av alla delar och monteringssekvensen.

Delaktiviteten tar hand om upphandling och inköp av tillverkningsdetaljer och tillverkningsverktyg.

Aktivitet: Teknikutveckling

Startdatum: 1 januari 2021

Slutdatum: 31 december 2022

Kostnad:**Delaktivitet: Allmän bidrag till utveckling i tillverkningsteknik****Delmål: Teknikutveckling****Ansvarig: Linnéuniversitet**

Tillverkningsmetoder och system behövs utveckla och anpassa. Detta rör hela tillverkningsprocessen som järn ok, magnetspindel, lindning, härdning, och slutmontering. Linnéuniversitetet kommer att bistå alla företag i projektet att utveckla tekniken som behövs för tillverkning av delar till prototypmagneten. Linnéuniversitetets kompetens kommer att tillämpas till alla del-tekniker som för tillverkning av järn ok, magnetspindel, lindning och montering av prototypmagneten.

Bidrag till utveckling i tillverkningsteknik kommer inkludera användning av datorstyrda verktygsmaskiner för precisionsbearbetning inklusive programmering, simulering och modellering som även innefattar värmebehandling av material. I tillämpliga delar som sensorer att användas för att styra processer för tillverkning av komponenter och säkerställa kvalitet. Resurser kommer finnas tillgängliga för olika former av tillverkningsprocesser som subtraktiv och additiv bearbetning, elektrokemisk bearbetning; samt olika typer av sensorer för mätning av fenomen vid tillverkningsprocesser. Under projektet kommer utvecklingsarbete kunna ske dels vid laboratorium (Linnéuniversitetet), dels vid företag som medverkar i projektet. Målet med denna del är att dels medverka till kompetensutveckling vi medverkande företag, dels utveckla relevant teknik för de komponenter som projektet syftar till.

Delaktiviteten kommer att testa olika tillverkningsteknik i laboratoriet.

Delaktivitet: Teknik för tillverkning av järn ok**Delmål: Teknikutveckling****Ansvarig: Vislanda Vattenskarvningsteknik AB**

Stansning av järn-ok-lamineringarna är dyr på grund av kostnaden för verktyget. Laserskarvning är ett alternativ, men detta kräver ytterligare trädsklippning av vissa slutliga och exakta detaljer. Ett innovativt alternativ är att använda skarvning med vattenstrålen av hela lamineringen. Lamineringstjockleken ska vara i storleksordningen 1 till 1,5 mm minst för att minska monteringsarbetet för att kombinera alla lamineringar i järnoket. Tjockare lamineringar på upp till 5 eller 6 mm maximalt är troligt acceptabla utan att öka möjliga virvelströmeffekter i åket under drivning av magneten.

Aktiviteten kommer att utveckla tekniken för tillverkning av lamineringar med hjälp av vattenskarvningsteknik, inklusive eventuell anpassning av maskin och verktyg redan tillgängligt. Flera test-lamineringar ska tillverkas för att testa tillverkningstekniken och är ett lärande för personalen. Därefter kommer aktiviteten att tillverka alla lamineringar som behövs för prototypmagneten.

Delaktivitet: Teknik för exakt fräsning av magnetspindel**Delmål: Teknikutveckling****Ansvarig: Ryd-Verken AB**

Fram till nyligen var den exakta tillverkningen av magnetspindeln det största dilemmat. Nuförtiden har detta dock blivit möjligt med införandet av noggranna fleraxliga fräsmaskiner som kan bearbeta stora föremål. Dessa fräsmaskiner är emellertid ännu inte allmänt tillgängliga och endast en handfull kapabla tillverkare har hittills identifierats i Europa av CERN. Det minsta säkra avståndet mellan kanalerna i magnetspindeln antas vara 0,3 mm. Om utmaningen är mindre blir den mekaniskt instabil. Ett större avstånd minskar lindningstätheten och därigenom magnetens elektriska strömtäthet och magnetfältstyrka.

Efter fräsning av kanalerna för supraledande kabeln i magnetspindeln ska magnetspindeln, som är gjort av aluminium, anodiseras med en tjocklek av 20 mikrometer. Man bör se till att anodiserings skiktet byggs upp lika överallt för att hålla kanalernas bredd och djup.

Aktiviteten kommer att utveckla tekniken för tillverkning av magnetspindel med hjälp av fleraxliga fräsmaskiner, inklusive eventuell anpassning av maskin och verktyg redan tillgängligt. Flera test-magnetspindlar kommer att tillverkas för att testa tillverkningstekniken och är ett lärande för personalen. Därefter kommer aktiviteten att tillverka alla magnetspindlar som behövs för prototypmagneten.

Delaktivitet: Teknik för lindning och montering

Delmål: Teknikutveckling

Ansvarig: Scanditronix Magnet AB

En CCT-dipolmagnet kräver två vinklade solenoider i seriekoppling. Var och en av solenoiderna lindas i sin egen magnetspindel och har tio lindningar av den supraledande kabeln. Användning av den 7-strängade rep-tråden kräver en sammankoppling av $7 \times 10 \times 2 = 140$ ledningar i en intern anslutningsbox. Markisolering motståndet ska motstå en spänning på minst 1,5 kV likström mellan ledaren och marken.

Projektet behöver upphandla supraledande tråden och externa tjänster för isolering av tråden och att linda tråden till en rep-kabel med 7 lindningar: 4 superledande ledningar vid 100 A vardera och 3 koppartrådar för quencheskydd. Varje tråd har en diameter på 0,3 mm med individuell elektrisk isolering. Den kombinerade rep-kabel har en diameter på 1 mm men behövs inte isoleras för att nå en förbättrad kylning mellan lindningar. Rep-kabeln ska impregneras med harts.

Prototypmagneten som tillverkas består av två dipolmagneter integrerade i ett järn ok med anslutande superledande strömledare. Varje dipolmagnet innehåller två spirallindningar. En magnet av CCT-typ har två oberoende lindningar i magnetspindlar som glider över varandra, med en tredje magnetspindel för mekaniskt stöd som glider över den yttersta lindningen. Spolens lindningar förenas genom resistiva skarvar. Magneterna kommer att vara utrustade med elektrisk och kryogen instrumentering, inklusive spänningsövervakning av skarvarna.

All lindnings- och monteringsprocess ska utföras i en miljö fri från damm, metallpartiklar eller andra föroreningar. Arbetsanläggningen ska vara utrustad med alla nödvändiga tjänster och infrastruktur. Arbetet kommer att medföra exakt mekanisk montering, trycksatt och uppvärmd applicering av epoxiharts, lödning av superledande skarvar, dirigerad av elektriska kretsar.

Alla tester och mätningar som utförs under alla produktionssteg, från råvaruupphandling till leverans, ska registreras och dokumenteras individuellt i kvalitetsstyrningsposterna.

Aktiviteten kommer först att tillverka, dvs att linda en enkel test-magnetspole, som därefter härdas i ugn (kabeln som lindas är impregnerad med harts). Test-spolen kan lindas med en koppartråd i fall den superledande tråden ännu inte är tillgänglig. Denna uppsättning används för att testa alla steg i tillverknings- och monteringsprocessen

och är ett lärande för personalen. Därefter tillverkas tre magnetspoler i full längd som används för att bygga magnet prototypen. Två av de tre spolarna kommer att integreras i ett och samma järn ok för att bilda den slutliga magnet prototypen. Den tredje spolen är reserv i händelse av problem med en av de två andra spolarna och är tillgänglig för destruktiva test- och inspektionsmetoder.

Aktivitet: Kvalificering

Startdatum: 1 januari 2021

Slutdatum: 28 februari 2023

Kostnad:

Delmål: Utvärdering av prototypen och kvalificering av deltagare som leverantör till CERN

Ansvarig: Uppsala universitet

Under perioden 2018–2019 har Scanditronix Magnet AB tillverkat en 50 cm lång modell-magnetspole. Spolen har hittills aldrig testats i supraleddande tillstånd. En test av spolen är viktigt för att bekräfta om lindnings och monterings-tekniken som har används för denna spolen kan återanvändas för prototypmagneten. Spolen ska testas i ett flytande helium bad hos FREIA-laboratoriet för att uppnå supraleddande egenskaper och utvärdera spolens funktionalitet. Detta är ett första viktigt skede i projektet för att verifiera hur vida de tidigare utvecklade tekniker kan användas som bas för tillverkning av magnet-prototypen i detta projekt.

Den första test-magnetspole och de tre slutliga magnetspoler ska alla testas i ett flytande helium bad hos FREIA-laboratoriet för att utvärdera deras egenskaper och funktionalitet. Till slut ska den färdiga prototyp magneten, testas och utvärdera i flytande helium. Prototyp magneten ska ström sättas med olika hastigheter för att möjligen inducera en ”quench” av supraleddaren och utvärdera effekten av en sådan quench. Prototypen kommer att köras på full effekt under minst en timme för att bekräfta stabil funktionalitet. Representant från CERN kommer att inbjudas till denna test som utförs för kvalificering av prototypmagneten och därmed en kvalificering av alla deltagande företag som leverantör till CERN.

Alla tester kommer att utföras i en vertikal kryostat (en typ av termosflaska) med en volym på 3 m höjd och 1,1 m diameter för att vara tillräckligt stor för att motta prototyp magneten som kommer att ha en total längd på 1,1 m och en diameter på 0,5 m. Kryostaten är kopplad till en helium förvätskningsmaskin (kapacitet 140 liter/timme) som fyller kryostaten med flytande helium. Kryostaten kopplas också till en stor vakuumpump (kapacitet 200 m³/timme) som används för att minska temperaturen i kryostaten till 1,9 K (-271 °C).

Förberedning av testen kräver en anpassning av intern kryostatsupport för upphängning och elektriskförbindning av prototypmagneten. Drift av förvätskningsmaskin och kryostat kräver en del flytande kväve och ersättning av helium gas som tappas under drift. Förberedning och utföring av en test tar i genomsnitt sex veckor för ett flertal ingenjörer: två veckor förberedningsarbete och installation av prototypmagnet i kryostaten, två veckor nerkyllning och mättningsarbete, och två veckor för uppvärmning och borttagning av magneten.