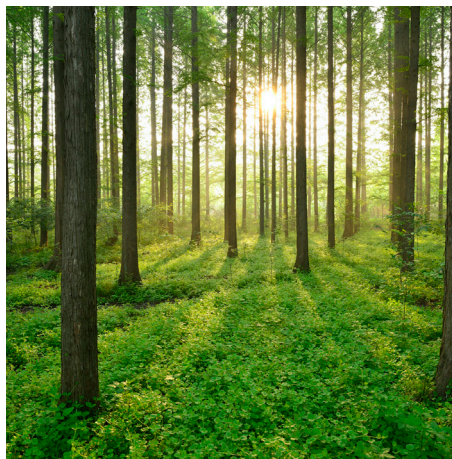
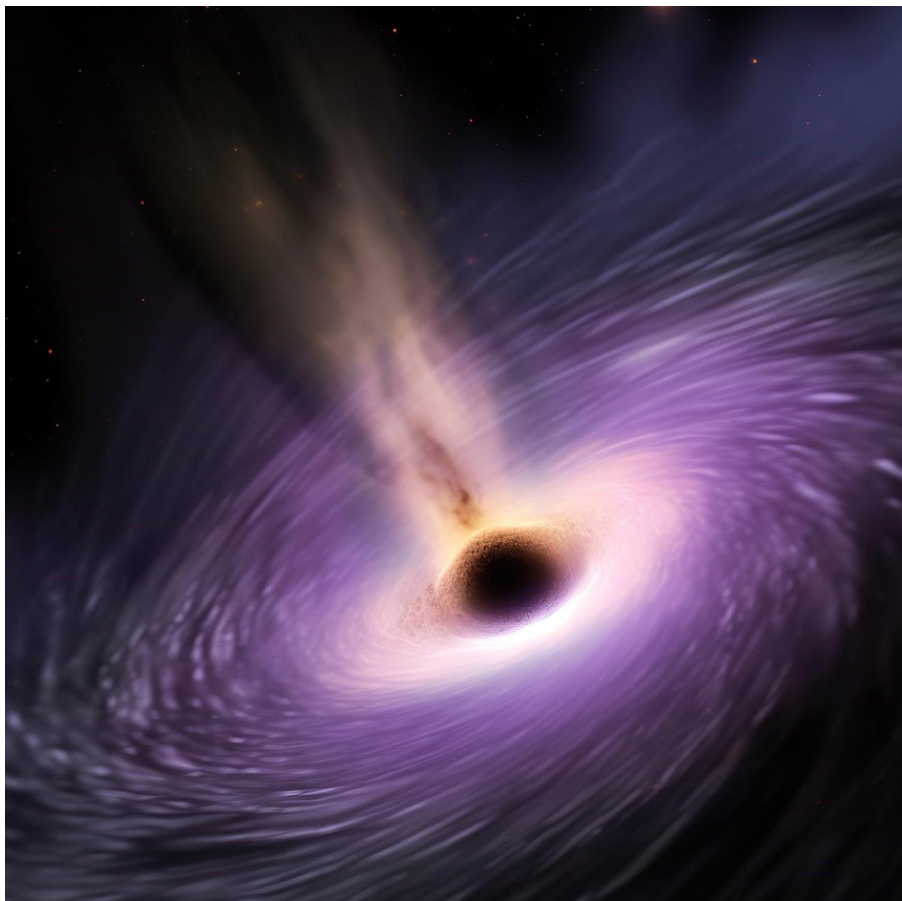


FRAKTAL KABELTEKNIK

RAPPORT 2025:1142



ELNÄTENS HÅLLBARA TEKNIK-
UTVECKLING OCH
DIGITALISERING



Fraktal kabelteknik

JONAS LÖVSTRÖM

ISBN 978-91-89918-49-8 | © Energiforsk november 2025

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Projektet *Fraktal kabelteknik* ingår i programmet Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering. Projektets mål var att minska den elektriska resistansen med 5 % och verifiera det på en högskola. Därefter inleds arbetet med att implementera fraktala principer i tråddragningsmaskin. Parallellt görs försök att sänka den elektriska resistansen.

Projektet har som helhet bidragit till att öka förståelsen av olika faktorer som är väsentliga för att implementera fraktalt koncept i elektriskt ledande kabelmaterial. Tack till referensgruppen bestående av Fredrik Sjöo, NKT och Mats Bortas, Vattenfall.

Stort tack också till programstyrelsen för deras initiativ och stöd:

- Olle Bergström, Jämtkraft Elnät
- Arne Berlin, Vattenfall Eldistribution
- Staffan Bjurulf, Sveriges Ingenjörer (MF)
- Magnus Brodin, Skellefteå Kraft (ordf)
- Josefin Grundius/Christer Flood, Ellevio
- Stefan Ivarsson, RISE
- Magnus Lindström, Grid Diagnoze
- Per-Olov Lundqvist, Gävle Energi / Elinorr
- Emil Frostfeldt,, Jönköping Energi Nät
- Giuseppe Martinelli, Svenska kraftnät
- Tilda Nordin, Mälarenergi Elnät
- Dennis Ossman, Göteborg Energi Elnät
- Johan Ribrant, Nacka Energi
- Göran Sandström, Umeå Energi Elnät
- Magnus Sjunnesson, Öresundskraft Elnät
- Peter Silverhjärta, Energiföretagen Sverige
- Claes Wedén, Hitachi Energy Sweden

Följande bolag har deltagit som intressenter till projektet. Energiforsk framför ett stort tack till samtliga för värdefulla insatser.

Ellevio	Karlstads El- och Stadsnät	Dala Energi Elnät
Vattenfall Eldistribution	Borås Elnät	Elektra Nät
Svenska kraftnät	Falu Energi & Vatten	Gävle Energi
Göteborg Energi Elnät	Borlänge Energi	Hamra Besparingsskog
Statkraft Sverige	Nacka Energi	Hofors Elverk
RISE	C4 Energi	Härjeåns Nät
Mälarenergi Elnät	PiteEnergi	Härnösand Elnät
Öresundskraft Elnät	Trollhättan Energi Elnät	Ljusdal Elnät
Tekniska Verken i	Skövde Energi	Malungs Elnät
Linköping	Hitachi Energy Sweden	Sandviken Energi Nät
Skellefteå Kraft Elnät	Energiföretagen Sverige	Sundsvall Elnät
Umeå Energi Elnät	Sveriges Ingenjörer, MF	Söderhamn Elnät
Jämtkraft Elnät	GridDiagnoze	Åsele Elnät
Jönköping Energi Nät	Elinorr ekonomisk förening;	Årsunda Kraft & Belysningsf
Eskilstuna Strängnäs	Bergs Tingslags Elektriska	och
Energi & Miljö	Blåsjön Nät	Övik Energi Nät

Stockholm, oktober 2025

Susanne Stjernfeldt, Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Projektet har studerat de tekniska förutsättningarna för att implementera fraktalt koncept i koppar- och aluminiumtråd vid glödning utomhus. Anledningen är att det finns olika felkällor i inomhusmiljö och däribland magnetfält från elinstallationer. Syftet har varit att ytterligare reducera elektrisk resistans vid rumstemperatur. Därmed kunna bidra till minskade energiförluster. Projektet har även genomfört försök vid glödning för att efterlikna principer som kan implementeras vid tillverkning.

Enligt uppgift från Vattenfall Eldistribution så är Sveriges förluster vid elöverföring cirka 7 %. Utmaningen är att minska den elektriska resistansen vid rumstemperatur. Vanligtvis är det genomförbart genom att öka det elektriskt ledande kabelmaterialets diameter. Eller använda dyrare material med högre elektrisk ledningsförmåga än aluminium. Anledningen till fokuset på fraktal geometri är att olika forskargrupper har rapporterat att syreatomer ¹ samt elektroner ² kan arrangeras i fraktala mönster vid supraleddning. Även att makroskopiska fraktaler enligt uppgift har en koppling till koherenta tillstånd. ³ Fraktaler är då samma geometri upprepar sig på olika skalnivåer, till exempel ett träds förgrening.

Koherens eller samstämmighet är väsentligt för att försöka uppnå en ökad grad av ordning i det elektriskt ledande materialet. Initial ide' var att studera via tekniska mätningar möjliga förändringar om man överförde olika slags fraktala mönster vid glödning av försöksrånar och jämförde med en kontrolltråd. Huvudsakligen har koppartråd använts då den är enklare att glödga jämfört med skör aluminiumtråd. Eftersom alternativ för implementering diskuterats med NKT har en del försök genomförts med aluminiumtråd. Då har tråden legat på gjutet gods av eldfast cement för att klara glödningstemperaturen.

Vid tidigare mätningar vilka uppvisat positiva resultat har ett lågspänningssystem använts vid glödning. Syftet med systemet är att efterlikna vissa fraktala processer i naturen. Vanlig matematik hos fraktala mönster är Gyllene Snittet (GS) 0,618 (phi) och 1,618 (Phi). Använt system baseras på värdet 1,118 $((0,618 + 1,618) / 2)$. Hypotesen är att värdet följer ett neutralt fält, möjligen neutronfält, samt reglerar upp- och urladdande fraktala funktioner vilka uppvisar GS. Om elektroner kan arrangeras i fraktala mönster vid supraleddning bör de hysa någon form av egenskap som medför denna funktion.

Till lågspänningssystemet har det använts glödgade koppartrånar vilka tagits fram i 3D-modeller som uppvisar olika matematiska proportioner. Allt för att försöka optimera koherensen i systemet som helhet. Dock noterades i våras att en ytterligare variant vid glödning var att placera lågspänningssystemet inuti en 3D-modell vid glödning. Därefter genomföra olika försök med påföljande mätningar för att klargöra farbar väg. Vad som därefter har skett är att försöken med

¹ Syreatomers fraktala mönster i supraleddare.

² Elektroners fraktala mönster i supraleddare.

³ Koppling mellan fraktaler och koherens.

glödning av metalltråd ser allt mer ut att efterlikna principerna för en möjlig situation vid tillverkning. Dock kan det finnas flera alternativ som behöver provas vid tillverkning och det är upp till kabeltillverkaren att välja.

Nuvarande status är att det pågår ett intensivt arbete för att medvetandegöra kopplingarna mellan naturens fraktala fält och materialet. Svaren bör existera på kvantnivå där partiklar med neutrala, upp- och urladdande egenskaper återfinns. Dock pekar preliminära resultat på att själva materialets karaktär kan vara av intresse. Sannolikt är det de olika delarna som interagerar och bygger upp den fraktala helheten i själva materialet. Eftertraktad ordning bör avspegla hur naturens egna processer ser ut från kvantnivå och utåt där samma matematik upprepar sig.

Nyckelord

Fraktal kabelteknik, kabelteknik, fraktaler, fraktal geometri, fraktala mönster, resistansminskning, elöverföring, eltransmission, koherens, kraftledning.

Summary

The project has studied the technical conditions for implementing fractal concepts in copper and aluminum wire during annealing outdoors. The reason is that there are different sources of error in indoor environments including magnetic fields from electrical installations. The aim has been to further reduce electrical resistance at room temperature thus contributing to reduced energy losses. The project has also conducted experiments during annealing to replicate principles that can be implemented in manufacturing.

According to information from Vattenfall Eldistribution Sweden's losses in electricity transmission are approximately 7%. The challenge is to reduce the electrical resistance at room temperature. Usually this is feasible by increasing the diameter of the electrically conductive cable material. Or by using more expensive materials with higher electrical conductivity than aluminum. The reason for the focus on fractal geometry is that different research groups have reported that oxygen atoms and electrons can be arranged in fractal patterns during superconductivity. Also that macroscopic fractals reportedly have a connection to coherent states. Fractals are where the same geometry repeats at different levels of scale such as the branching of a tree.

Coherence or consensus is essential for attempt to achieve a higher degree of order in the electrically conductive material. The initial idea was to study possible changes through technical measurements when transferring different types of fractal patterns during annealing of test wires and compare with a control wire. Primarily copper wire has been used as it is easier to anneal compared with fragile aluminum wire. Since alternatives for implementation have been discussed with NKT some experiments have been carried out with aluminum wire. In those cases the wire has been placed on molded plate made of refractory cement to withstand the annealing temperature.

In previous measurements that have shown positive results a low voltage system has been used during annealing. The purpose of the system is to imitate certain fractal processes in nature. Common mathematics in fractal patterns is The Golden Ratio (TGR) 0,618 (phi) and 1,618 (Phi). The system used is based on the value 1,118 $((0,618 + 1,618) / 2)$. The hypothesis is that the value follows a neutral field, possibly a neutron field, and regulates the charging and discharging fractal functions that exhibit TGR. If electrons can be arranged in fractal patterns during superconductivity they must possess some form of property that results in this function.

For the low voltage system annealed copper wires have been used which have been developed in 3D models displaying various mathematical proportions. All to try to optimize the coherence of the system as a whole. However it was noted last spring that an additional variant during annealing was to place the low voltage system inside a 3D-model during annealing. Then carry out various trials with subsequent measurements to clarify the feasible route. What has happened since then is that the experiments with the annealing of metal wires increasingly resemble the principles for a possible manufacturing situation. However there may

be different alternatives that need to be tested during manufacturing and it is up to the cable manufacturer to choose.

The current status is that an intensive work is underway to raise awareness of the connections between nature's fractal fields and the material. The answers should be found at the quantum level where particles with neutral, charging and discharging properties are located. However preliminary results indicate that the character of the material itself may be of interest. Likely it is the different parts that interact and build up the fractal whole in the material itself. The desired order should reflect how nature's own processes appear from the quantum level and outward where the same mathematics is repeated.

Innehåll

1	Inledning	11
1.1	Bakgrund	11
1.2	Syfte och mål	12
2	Metod	13
2.1	Framtagning av material	13
2.2	Lågspänningssystem	15
2.3	Lågspänningssystem inuti 3D-modeller	17
2.4	Strange metal-tillstånd och supraledning	18
3	Mätningar och resultat	19
3.1	Mätmetodik	19
3.2	Mätresultat	19
4	Diskussion och slutsatser	18
4.1	Diskussion	18
4.2	Slutsatser	18
5	Referenslista	25

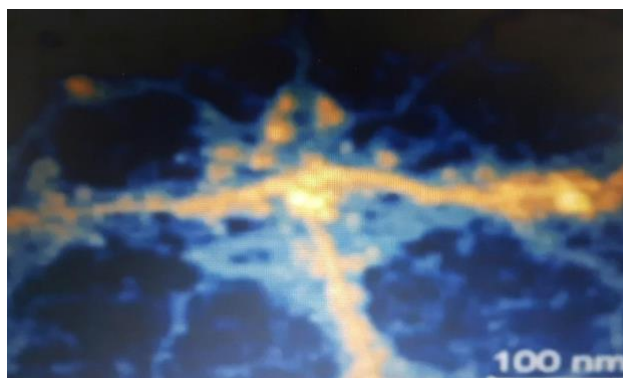
1 Inledning

Forskningsprojektet *Fraktal kabelteknik* har utförts av Energi för Tellus via samverkan i referensgruppen med Vattenfall och NKT. Projektet har syftat till att minska elektrisk resistans i koppar- och aluminiumtråd. Konceptet bygger på att överföra fraktal geometri vid glödning. En av anledningarna är att elektroner kan uppvisa fraktala mönster vid supraledning. Vid tidigare försök med påföljande mätningar på högskolor har preliminära resultat blivit en minskad resistans i olika koppartrådar. Nuvarande projekt har försökt utöka kunskapen om de fraktala aspekterna och förbättra mätvärdena.

1.1 BAKGRUND

Bakgrunden till projektet är diskussioner med olika slags forskare sedan drygt 20 år. De inleddes med en av massmedia stundtals anlitad evolutionsbiolog vars forskning varit fokuserad på djur sedan 50-talet. Han hade noterat att livsförutsättningarna tydligt hade förändrats till det sämre. Frågeställningen vi ställde upp var hur sker energitransporten basalt i naturen? Efter hand blev svaret allt mer uppenbart eftersom naturen uppvisar fraktal geometri från kvantnivå till åtminstone Vintergatan. Fraktaler beskrivs som samma mönster på olika skalnivåer. De kan manifesteras via olika varianter såsom förgreningar på växter, spiralmönster i vatten och cykloner, DNA, hjärtrytm, hjärnan samt lungor.

Eftersom ämnet är tvärvetenskapligt bildades ett nätverk med fysiker, kemist, medicinare och ingenjörer. Tanken var att utbyta erfarenheter och lägga en grund för fortsatt arbete. Under flera års tid studerades vatten exponerat för fraktal geometri och mätningar skedde med avancerade värmekameror. Det visade sig att vatten var sensibelt för fraktal påverkan och vid olika mätserier sänktes tydligt temperaturen i försök jämfört med kontroll. Italienska forskare har tagit bilder på vatten med värmekamera. Då vattnet har lämplig struktur bildas förgrenade mönster på nanometernivå. I dylikt vatten ökar den elektriska ledningsförmågan från 2 uS till 80 uS.



Detta medförde att funderingarna började gå i riktning hur kunna få över konceptet till koppartråd. En tekniskt ansvarig hos en kabeltillverkare nämnde att glödning av metalltråd var en möjlig väg framåt. Kontakt togs även med professor i fysik Giuseppe Vitiello som rapporterat om fraktaler vid flera tillfällen. Det ledde till möten tillsammans med svenska forskare i Stockholm. Vid en sammankomst visade Giuseppe Vitiello att det var samma fysik bakom förgrenade mönster och logaritmiska spiraler (hyser Gyllene Snittet, GS, 1,618 och 0,618). Fysiken utmynnar i Fibonnacis talserie (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13... osv.) vilken efterhand närmar sig GS om man delar det större värdet med föregående samt omvänt för inverterat värde. Han nämnde även att fraktala geometrier måste ha upp- och urladdande egenskaper för att hysa balans samt dynamik. Utan dessa funktioner finns inga möjligheter att försöka upprepa naturens fraktala processer.

Oavsett vilka fraktala mönster som studeras i naturen är den vanligast förekommande matematiken GS. Den matematiken provades i koppartrådar några tillfällen vid mätningar av elektrisk resistans på KTH utan positiva resultat. Italienska forskare rapporterade 2010 att syreatomer kunde bilda fraktala mönster vid supraleddning. Vilket publicerades i massmedia som att fraktaler var en faktor till förbättrad elektrisk ledningsförmåga. En annan italiensk fysiker uttrckte att det kunde vara en annan egenskap som gav upphov till aktuella fraktala mönster samt förbättrad elektrisk ledningsförmåga. Det var då funderingar på eventuella regulatoriska funktioner dök upp och hur matematiken skulle kunna se ut. Var publicerade fraktala mönster egentligen bara resultatet av något annat?

I Sverige sattes fokus på värdet 1,118 (exakt $\sqrt[4]{1 \frac{1}{4}}$). Det skulle visa sig vara mer komplicerat än tänkt med hundratals försök för att få fram de första positiva mätresultaten av minskad elektrisk resistans på KTH i oktober 2023. Men vad var det egentligen för värde 1,118? Om phi och Phi motsvarar upp- och urladdande funktioner skulle 1,118 då kunna vara ett slags neutralt fält? Hypotesen är att värdet finns hos ett icke linjärt neutronfält. Fysiker har rapporterat att elektroner kan uppvisa spiralarmar liknande de hos spiralgalaxer.⁴ Det skulle kunna vara orsaken till varför elektroner kan arrangeras i fraktala 3D-mönster vid supraleddning. Men det är först efter värdet 1,118 implementerats vid glödning som elektrisk resistans har börjat reduceras.

1.2 SYFTE OCH MÅL

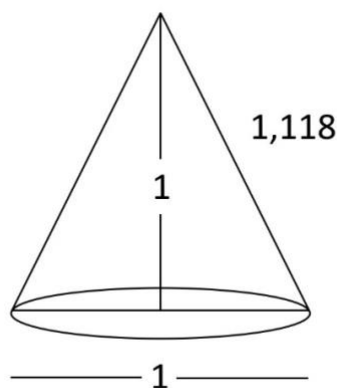
Projektets syfte har steg 1 varit att efter glödning av aluminium- och koppartråd ytterligare reducera elektrisk resistans vid rumstemperatur. Steg 2 var syftet att implementera principerna i tråddragningsmaskin innan demokabel tillverkas. Nästa delmål har varit minskad elektrisk resistans med 5 % för att kunna inleda arbetet med implementering hos NKT.

⁴ Elektroners spiralarmar.

2 Metod

2.1 FRAMTAGNING AV MATERIAL

Olika konformer har använts för att försöka ta fram så lämpligt material som möjligt till använt lågspänningssystem med 12 Volt. Preliminärt uppvisar vissa icke linjära fält i 3D expansion och implosion via spiralarmer i konformade geometrier. I vattnets fall blev mätresultaten bäst då provrör med försöksvatten placerades stående inuti en upp- och nervänd plastkon med proportionerna höjd 1 och diameter 1,618. Till metalltråd har förutom GS provats former med proportioner höjd 1 och diameter 1,118 samt höjd 1 och diameter 1. Den senare formen är lite intressant för på sidan uppvisas 1,118. Geometrin för cirkulär 2D del är samma som vid vanligt förekommande spinn och rotation. Värdet 1,118 kan ha uppstått via enkla processer i naturen.



Glödning av koppar har alltid skett med gasol utomhus för att undvika felkällor inomhus. Rummets proportioner kan inverka då det nästan alltid avviker från matematik som finns hos fraktal geometri. En annan vanlig felkälla är magnetfält från elinstallationer. Hos en kabeltillverkare som har tågtrafik i närheten av en testanläggning är det ett välkänt besvär. I fallet med konerna så glödgades 1,5 mm koppartråd utanför konformer och fick svalna däri upphängda på en 1,5 mm koppartråd. Den senare måste ha glödgats inuti aktuell form innan för att inte utgöra en felkälla. Anledningen är att koppartråd med sämre koherens kan fungera som en felkälla till material som glödgas och får svalna i samma 3D-geometri.

Förutom att hålla reda på olika felkällor så är det vad mindre lämpliga 3D-former där koppartråd svalnar inuti kan utgöra. Därför har det lagts mycket tid på att försöka optimera ordningen i materialet som använts till lågspänningssystemet. Andra former vari glödning skett är olika kantiga 3D-modeller. Dessa har haft en rad olika proportioner och vinklar. En modell som provats vid ett flertal tillfällen är nedanstående trämodell vars geometri har proportionerna höjd 1, bredd 1,118 och längd $1,118^2$. Placeringen en bit ovanför marken är för att undvika möjlig felkälla då där finns ytligt belägna större stenar.



Samtliga använda modeller för framtagning av koppartråd har tillverkats med millimeterprecision. Anledningen är att fraktala system inte medger någon större avvikelse innan det blir en felkälla. Det är alltid fokus på att vinklar och proportioner blir de rätta på insidan av modellerna. Som sig bör blir det samma resultat på glödगत material oavsett storlek på modellen. Någon skillnad har inte heller noterats mellan trä och plast. Eller då öppna och något mer slutna konstruktioner har provats. Stundtals har även en mindre modell provats inuti en större variant vid glödгning. Anledningen var att se om en förstärkande tendens kunde uppstå vid glödгning. De har båda haft värdet 1,118 för att undvika en blandning av matematiska proportioner.

Sedan i mitten av augusti i år studeras ett uppslag som från början kom från professor Giuseppe Vitiello redan 2019. Han framförde att förändringar i koherens skulle kunna hänga samman med själva materialets karaktär. Men det kopplades inte tidigare till en variant att använda tillsammans med neutrala fält. Det är först i somras som fokus etablerats på hur de tekniska förutsättningarna kan se ut. Försöken är de enda sätten för att kunna utesluta olämpliga varianter av glödगत koppartråd.

En del försök har även genomförts med att glödга 2 mm aluminiumtråd. Då materialet går lätt sönder vid glödгning fick vi ta fram en variant på temat. En platta av eldfast bruk (klaras 1360 grader C) fick först gutas inuti 3D-modellen där aluminiumtråden skulle glödгas. Därefter placerades första biten av tråden på plattan vilken successivt flyttades in i 3D-modellen allt eftersom tråden glödгades. På så sätt kan cirka 25 cm aluminiumtråd glödгas i taget innan plattan flyttas tillbaka till ursprungsläget. Vilket medför att det går utmärkt att vid behov få till flera meter långa glödгade trådar.



2.2 LÅGSPÄNNINGSSYSTEM

När väl 1,5 mm koppartråd är framtagen formas den enligt utskrivna mallar för optimal precision. Placering av formade trådar sker på ett underlag av till exempel träskiva. Metalltrådarna dras igenom i förborrade hål för att kunna anslutas till ett pulsat 12-Volts system. Anslutningarna sker så det är minst en motsols respektive en medsols strömmatning i cirkulära kretsar. Pulsningen sker mellan de olika cirkulära enheterna för att efterlikna principerna för fraktala icke linjära fält. Jämför till exempel med olika stora spiralarmer vid spinn och rotation. Dylaka fält i naturen uppvisar sannolikt hög precision eftersom även små avvikelser i lågspänningssystemet medför försämrade koherens. I några fall har även glödgad aluminiumtråd provats i lågspänningssystemet.



Det matematiska värdet 1,118 har även provats tillsammans med andra värden. I centrum av pulsat system uppstår ett slags upp- eller nedåtgående energistråle. Är strömriktningen i den yttre kretsen motsols och den inre medsols bildas en uppåtgående energistråle. När strömriktningarna i kretsarna spegelvänds ändras energistrålen i mitten till nedåtgående istället. För en del år sedan provades funktionen med central strålriktning under flera veckors tid för att säkerställa egenskapen. Då koppartråd glödgas i mitten av lågspänningssystemet kan man numera enkelt förstå att strålgången har en väsentlig funktion. Vid lämpliga mätvärden blir det något lägre elektriskt motstånd då resistansmätning sker i den riktning strålgången hade vid glödning.

Vad funktionen egentligen har för fraktal koppling i icke linjära sammanhang är inte helt känd. Hypotesen skulle kunna vara en parallell egenskap till vad som sker i centrala delar av spiralgalaxer. Roterande svarta hål hyser jetstrålar vilka enligt uppgift medverkar till galaxers struktur där logaritmiska (GS) spiralar kan förekomma.^{5 6 7} Vilket skulle kunna vara en parallell funktion till att elektroner kan arrangeras i fraktala mönster vid supraleddning. Händelser har visat hur förgrenad fraktal geometri kan uppstå på grund av funktioner kopplade till logaritmiska spiralar. Detta följer Giuseppe Vitiellos tanke att det är samma fysik bakom båda varianterna. Logaritmiska spiralar i sig uppvisar fraktal egenskap eftersom man kan zooma in samt ut och det är samma självliknande mönster som upprepas.

Resistansmätning har även gjorts på koppartrådar glödade i bara 3D-modeller utan några konkreta minskningar. Det är först då koppartråd glödgas i pulsat lågspänningssystem som minskning av resistansen sker. Glödning i systemet har nästan alltid skett utomhus på tillräckligt avstånd från elinstallationer i hus och gator. Allt för att undvika olika former av felkällor. Vid fåtal försök inomhus med pulsat lågspänningssystem via med- och motsols geometrier uppkom ingen resistansminskning vid glödning i mitten. Jämfört med snarlikt försök utomhus. Bland andra magnetfältens påverkan har diskuterats i referensgruppen där NKT har nämnt att de inverkar på del av verksamheten vid tester. Detta är något som behöver fokus vid stundande tillverkning.

Vid kommande försök i fabriksmiljö kan svar ges om produktion med minskad resistans i trådmaterial är möjlig i befintliga lokaler. Alternativt om en separat mindre lokal behövs för detta ändamål och då eventuellt med likström till erforderlig maskin. Det finns några olika tilltänkta varianter på implementering av fraktalt koncept i industriell process. Även var någonstans i tillverkningen överföringen kan vara lämplig beroende på övrig bearbetning av huvudsakligen aluminium. En utmaning är att trådhastigheten i vissa maskiner är hög. Antingen måste konceptet överföras i flera sektioner i en maskin eller separat i en annan del av processen. Det är inte säkert att det då är lämpligast att använda ett lågspänningssystem utan implementeringen behöver ske på ett annat sätt. Överföring av fraktala principer har dock provats för en del år sedan i en tråddragningsmaskin i södra Sverige.

⁵ Jetstrålar och galaxers struktur.

⁶ Jetstrålar och galaxers struktur.

⁷ Jetstrålar och galaxers struktur.

2.3 LÅGSPÄNNINGSSYSTEM INUTI 3D-MODELLER

I våras dök uppslaget upp att prova glödga koppartråd då lågspänningssystemet var placerat inuti 3D-modeller. För att inte avvika från fraktalt koncept var det samma 3D-modell som koppartråd till aktuellt lågspänningssystem glödgs i. Det blev då samma egenskaper i själva systemet som grundförutsättningen i 3D-modellen. I vissa fall uppnåddes en förbättring av koherens i glödgad metalltråd. Detta kan bero på en interaktion mellan aktuell modell och systemet där värdet i båda fallen var 1,118. Alternativt kan 3D-modellen delvis ha bidragit till egenskapen i glödgad koppartråd samtidigt som det fortfarande fanns en brist i det pulshade systemet. Hade det fungerat fullt ut skulle sannolikt uppvisade egenskaper varit tydligt bättre.

Förändringarna i koppartrådar har bidragit till att fortsätta vissa av försöken inuti 3D-modeller. En del av dessa aktiviteter efterliknar principerna för tilltänkt överföring till aluminiumtråd vid tillverkning. Så nuvarande strävan är att försöka genomföra försök med syftet att kunna underlätta kommande implementering i stor skala. Naturligtvis blir det upp till kabeltillverkande företag att välja vilken väg man vill prova. Men har det gjorts konkreta försök med implementering i åtanke kan det underlätta hur kommande tillverkning kan se ut. Det är fullt möjligt att man inledningsvis behöver välja en något enklare väg. För att därmed dra erfarenheter och medvetandegöra hur en allt mer industriell implementering kan se ut. Dock är det uppenbart att överföring av konceptet kommer att ske i en 3D-miljö hos kabeltillverkare vilken kommer att delvis likna något genomfört försök.

Väsentligt delmål har varit att förfina det fraktala konceptet så att industriell implementering kan inledas. Utmaning innan så kan ske synes vara att förstå vad som pågår på kvantnivå. Frågan är om uppvisade fraktala mönster är helt eller delvis ansvariga för själva elektrontransporten med minskat elektriskt motstånd. Eller om det egentligen är en regulatorisk process med en annan fraktal geometri som i optimala fall kan ge strömöverföring helt eller delvis utan motstånd. Anledningen är bland annat att olika delar av ett elsystem har uppvisat ökad grad av ordning. Däribland ett tiotal mindre transformatorer vilka tidigare haft distorsion i form av tydligt missljud till att bli tysta. Detta då nätkablar med implementerat fraktalt koncept tidigare använts för att driva elektriska enheter där transformatorer varit installerade. Uppvisade förändringar i eliminerad distorsion har inte avspeglats i form av minskad elektrisk resistans. Vilket kan innebära att använda fraktala mönster i sig inte är hela svaret på samstämmighet. Utan det kan vara en annan fraktal aspekt som behöver upprepas vid rumstemperatur.

3D-modellerna kan möjligen bidra till en del av de fraktala egenskaper i metalltråd. Men än så länge inte tydligt förbättra egenskaper vilka minskar elektrisk resistans. Detta efter att 8 stycken trämodeller har provats på olika sätt. Därmed inte sagt att man helt kan utesluta dylika modeller. Istället parallellt skärskåda hur förbättringar av lågspänningssystemet ska kunna se ut. Liksom tidigare förändringar däri är det så tydliga skillnader bör kunna uppnås. Från början var det inga skillnader alls, nu är det en del och de största bör återfinnas framöver. Basalt handlar kommande aktiviteter om hur klargöra funktioner på kvantnivå vilka fraktalt kan upprepas på makronivå.

2.4 STRANGE METAL-TILLSTÅND OCH SUPRALEDNING

Fysiker på Chalmers har rapporterat om "Strange Metal"-tillstånd, då elektroner i materialet är sammankopplade med varandra. Vilket leder till att enskilda elektroner inte kan urskiljas och anses föregå högttemperatursupraledning (i nuläget -130 grader C). Publicerad hypotes är att kvantsammanflätning, där två partiklar kan interagera direkt oavsett avstånd, är involverad vid supraledning.⁸ Ett fraktalt system där det sker en övergång från mångfald till enhet är i mitten av en spiralgalax. Det är i den så kallade singularitetsringen. Det kan inte uteslutas att centrum hyser en helt avgörande aspekt beträffande koherens.

Sannolikt är det ett förfinat tillstånd som behöver uppnås för att elektroner ska kunna överföras med lägre resistans vid rumstemperatur. Glödningen av koppartråd kan ske på rätt ställe men egenskap saknas på grund av behovet att justera lågspänningssystemet. Invändningen kan vara att supraledning sker i nuläget vid låg temperatur. Stämmer fysikernas hypotes blir det intressant eftersom kvantsammanflätning förekommer vid rumstemperatur.

För en del år sedan 3D-printades en dubbelkon med vattenförsök i GS-kon samt med- och motsols spiralarmar i åtanke. I början provades att dra vattenslang igenom och testat vatten fick tydligt lägre temperatur jämfört med kontroll. En arbetsmodell för kvantsammanflätning kan vara spegelvända icke linjära fraktala fält. Vilka har en hög grad av ordning i processens centrum därifrån det utgår en överskridande funktion liknande jetstrålar från svarta hål. Spegelvänd egenskap är sannolikt nödvändig då det är så interaktionen fungerar mellan partiklar vid sammanflätning.



⁸ Hypotes kvantsammanflätning vid supraledning.

3 Mätningar och resultat

3.1 MÄTMETODIK

Några använda milliohmätare är RS PRO RM-805 och lokal mätenhet Extech 380562. Fördelen med den senare har varit större antal mätningar och snabbare svar. Därmed har justeringar vid glödgning kunnat ske tidigare. Försökstrådar har varit 1 mm koppartråd med 2000 mm längd och jämförelse har skett med en likadan kontrolltråd. Alla koppartrådar har befunnit sig 24 timmar i samma rumsmiljö innan mätningar påbörjades.



3.2 MÄTRESULTAT

Metalltrådar har mätts 3 gånger och angivna värdet i nedanstående tabell är det genomsnittliga. Kontrolltråd anges först och därefter försökstrådar per mätomgång.

Mätningar	Kontrolltråd	Försök 1	Försök 2	Försök 3	Försök 4	Försök 5	Försök 6
25-01-28	49,9	48,5	49,3	48,8			
25-02-20	49,9	49,6	48,67	48,4	48,7		
25-03-21	49,8	48,6	48,5	49,1	48,3		
25-04-08	49,9	48,87	48,3	48,5	49,2	48,9	
25-04-29	49,9	48,5	48,8	48,33			
25-05-21	49,8	49,3	48,6	48,5	48,6	49,2	
25-06-23	49,9	48,57	48,8	48,9	49,1	48,7	
25-07-17	50	49,1	49,3	48,5	48,67	49	48,53
25-08-15	49,8	48,9	48,5	48,8	49,3	48,5	
25-09-12	50	48,6	49,6	48	48,77	48,9	

4 Diskussion och slutsatser

4.1 DISKUSSION

Tanken med lågspänningssystemet är att det ska återspegla naturens fraktala processer från kvantnivå och utåt. Mycket talar för att det är då fraktala egenskaper används i tekniska system som något utöver det vanliga kan hända. Fördelen med en fraktal inriktning är även en relativ enkelhet att bygga upp de tekniska funktionerna, glödga metalltrådar och göra resistansmätningar. Strävan har varit att försöka optimera proportioner i 3D-modeller och lågspänningssystem. Frågan är hur förbättringar kan se ut. Det mesta pekar på att det bör finnas en matematisk överensstämmelse mellan 3D-modell och lågspänningssystem.

Intentionen är att se om själva övergången mellan icke linjära fält och området i mitten där glödning sker kan justeras. Parallell princip kan vara när "Strange Metall"-tillståndet uppstår. Möjligt att det är en optimal icke linjär fraktal process som leder fram till detta tillstånd. Hypotesen är att tillståndet sker i närheten av eller i själva centrum av fraktala system. Allt pekar på att man måste ha optimal ordning i de tekniska förutsättningarna så koherensen blir lämplig på kvantnivå i metalltråd vid rumstemperatur.

4.2 SLUTSATSER

Projektet har som helhet bidragit till att öka förståelsen av olika faktorer som är väsentliga för att implementera fraktalt koncept i elektriskt ledande kabelmaterial. Studiet av vad som inleds på kvantnivå med icke linjära funktioner och återfinns på makronivå är en intressant utmaning. Inte minst för att det inte är helt känt hur kvantnivån fungerar. På makronivå byggs en rad olika fraktala mönster upp och stundtals ser det ut som inget samband föreligger. Utmaningen är att se de enkla gemensamma nämnarna uttryckta i matematik och geometrier.

Utvecklingen av konceptet är liksom fraktaler icke linjär och verkar inte följa någon liknande teknisk process. Behöver inte vara så att supraleddning kommer att fungera i rumstemperatur. Men parallella principer kan ändå finnas och inte minst med tanke på att elektroner kan arrangeras i fraktala 3D-mönster i supraleddare. Kommande aktiviteter behöver klargöra om det behövs en justering av övergången mellan icke linjära fält och området för glödning.

Projektresultatet har medfört att NKT vill inleda implementeringsfasen och ett möte ska ske i Falun. Olika uppslag för tilltänkt tillverkning kommer att diskuteras och däribland i tråddragningsmaskin. Energi för Tellus vill passa på att rikta ett tack till Fredrik Sjöo på NKT och Mats Bortas på Vattenfall som deltagare i referensgruppen och Energiforsk som möjliggjorde utvecklingsprojektet.

5 Referenslista

1. Bianconi, A, et al. *Multiscale distribution of oxygen puddles in 1/8 doped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.67}$* . (2013).
<https://www.nature.com/articles/srep02383>
2. Carlson, E W, et al. *Critical nematic correlations throughout the superconducting doping range in $\text{Bi}_{2-z}\text{Pb}_z\text{Sr}_{2-y}\text{La}_y\text{CuO}_{6+x}$* . (2023).
<https://www.nature.com/articles/s41467-023-38249-3>
3. Vitiello, G. *Fractals as macroscopic manifestation of squeezed coherent states and brain dynamics*. (2012).
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/380/1/012021>
4. Starace, A F, et al. *Electron Vortices in Photoionization by Circularly Polarized Attosecond Pulses*. (2015).
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.115.113004>
5. Combes, F, et al. *Detection of an orthogonal alignment between parsec-scale AGN jets and their host galaxies*. (2024).
<https://www.nature.com/articles/s41550-024-02407-4>
6. Atri, P, et al. *Quantifying jet-interstellar medium interactions in Cyg X-1: Insights from dual-frequency bow shock detection with MeerKAT*. (2025)
https://aanda.org/articles/aa/full_html/2025/04/aa52837-24/aa52837-24.html
7. Atri, P, et al. *MeerKAT discovers a jet-driven bow shock near GRS 1915+105* (2025).
https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2025/04/aa52838-24/aa52838-24.html
8. Lombardi, F, et al. *Restored strange metal phase through suppression of charge density waves in underdoped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$* . (2021).
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abc8372>

FRAKTAL KABELTEKNIK

Det väsentligaste resultatet i projektet är indikationen på att fraktal geometri är en pragmatisk och framkomlig väg inom kabelteknik. Även uppslaget att en 3D-modell kan användas vid implementering. Kunskapsökning har också skett beträffande felkällor vid glödning av metalltråd samt i industriell miljö.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

