

I dagsläget står förbränning av kol, olja och gas för en majoritet av all elproduktion i världen. En oundviklig slutprodukt vid eldning av kolbaserade bränslen är koldioxid (CO<sub>2</sub>). De flesta av världens ledare är överens om att utsläppen av koldioxid behöver minska kraftigt för att minimera uppvärmningen av jorden, vilken redan ligger på kritiska nivåer. Även om de förnyelsebara källorna till energi är ökande så räcker de inte till för att tillfredsställa världens energibehov utan förbränning av fossila bränslen kommer att vara en del av världsbilden många år framåt. Ett stort problem med vind och solkraft är att elproduktionen endast är aktiv när det blåser eller när solen skiner, vilket gör att behovet av att lagra energi är stort. Ett sätt att lagra energi är genom att producera vätgas från när elproduktionen är hög, vilken sedan gradvis kan spädas in i naturgasnäten och på så sätt minska åtgången av naturgas och därmed mängden koldioxid i avgaserna. Ett annat sätt att minska klimatpåverkan är att öka verkningsgraden på elproduktionen. För att omvandla den lagrade energin i naturgas till mekanisk eller elektrisk energi används gasturbiner. Det mest effektiva sättet att öka verkningsgraden i en gasturbin är att temperaturen in till turbindelen och därmed även eldningstemperaturen. Både ökad eldningstemperatur och ökad vätgashalt i naturgasen kräver modifieringar av befintliga gasturbiner där noggranna beräkningsmodeller behöver tas fram för att minimera felkällorna.

Förutom utsläppen av koldioxid kan förbränning leda till utsläpp av ämnen som är direkt skadliga för närmiljön, till exempel kolmonoxid (CO), som är giftig för människor och kväveoxider (NO<sub>x</sub>) som har starkt negativa effekter för luftvägarna och bidrar till smog. Kolmonoxid är ofta ett resultat av ofullständig förbränning och kan oftast hanteras i gas turbiner genom att se till så att förbränningsverkningsgraden är hög. Kväveoxiderna är starkt kopplade till förbränningstemperaturen, där den maximala förbränningstemperaturen uppnås vid så kallade stoichiometriska förhållanden det vill säga, både all luft och allt bränsle förbrukas. Det primära sättet att undvika hög produktion av kväveoxider i moderna gasturbiner är att använda förblandat förbränning med ett överskott på luft, så kallad mager förbränning. Förbränningstemperaturen kan då med fördel hållas så nära turbininloppstemperaturen som möjligt. En nackdel med mager, förblandad förbränning är att oönskad förbränningsdynamik kan uppstå då värmeutvecklingen i flammen inte är tillräcklig för att bibehålla stabiliteten. Förbränningsdynamik kan ge upphov till självsvängningar i bärande strukturer i gasturbinen, vilket kan leda till haveri inom väldigt korta tidsperioder. Både utsläppen av skadliga ämnen och nivån på förbränningsdynamiken påverkas starkt av bränslet som används i gasturbinen. För att hantera och prediktera förbränningsdynamik och effekter av olika bränslen krävs noggranna mätmetoder och pålitliga beräkningsmetoder.

Den här avhandlingen syftar till att utvärdera beräkningsmodeller som är både tillräckligt noggranna för att resultaten ska vara relevanta och tillräckligt billiga för att metoden ska vara användbar inom industrin. Matematiska modeller används där både luft och bränsleflödet genom gasturbinens brännkammare beskrivs tillsammans med kemin som ligger till grund för förbränningen av luft och bränsle. Olika modeller för turbulens utvärderas tillsammans med modeller för kemin där den inre strukturen för en flamma antas vara förutbestämt. Turbulens beskrivs oftast som en kaskad av olika skalor där de största turbulenta skalorna är av samma storleksordning som geometrin och de minsta skalorna kan vara många storleksordningar mindre, beroende på balansen mellan konvektiva och viskösa krafter i flödet. Här används så kallade skalupplösande turbulensmodeller, där de största skalorna som har mest rörelseenergi tas med direkt i modellerna och de mindre skalorna tas med genom statistiska samband. Beräkningsmetodiken appliceras på industriella hårdvaror och utvärderas mot experimentellt framtagen data. När metodiken har utvärderats och uppvisat tillräcklig noggrannhet används den för att studera förbränningsdynamik samt påverkan på förbränningen av vätgasinblandning i naturgasen.

Den här avhandlingen ger en utökad insikt i hur förbränningsstabiliseringen i det turbulenta flödet ser ut i en av Siemens gasturbinbrännare. Flammans interaktion med virvelstrukturer i flödet utforskas och kartläggs. Effekten av vätgasinspädning i naturgas visar att flammen blir mer kompakt och flyttar sig

närmare brännarhårdvaran, vilket stämmer väl överens med experimentell mätdata. Metodiken kan därmed användas för att undersöka och utvärdera driftfall och hårdvaror där mätdata inte är tillgängligt. Avhandlingen visar även att det är möjligt att prediktera kopplingar mellan flöde, flamma och akustik med hjälp av modeller där de kemiska reaktionerna endast är statistiskt beskrivna, vilket leder till stora tidsbesparingar för gasturbinutvecklare.