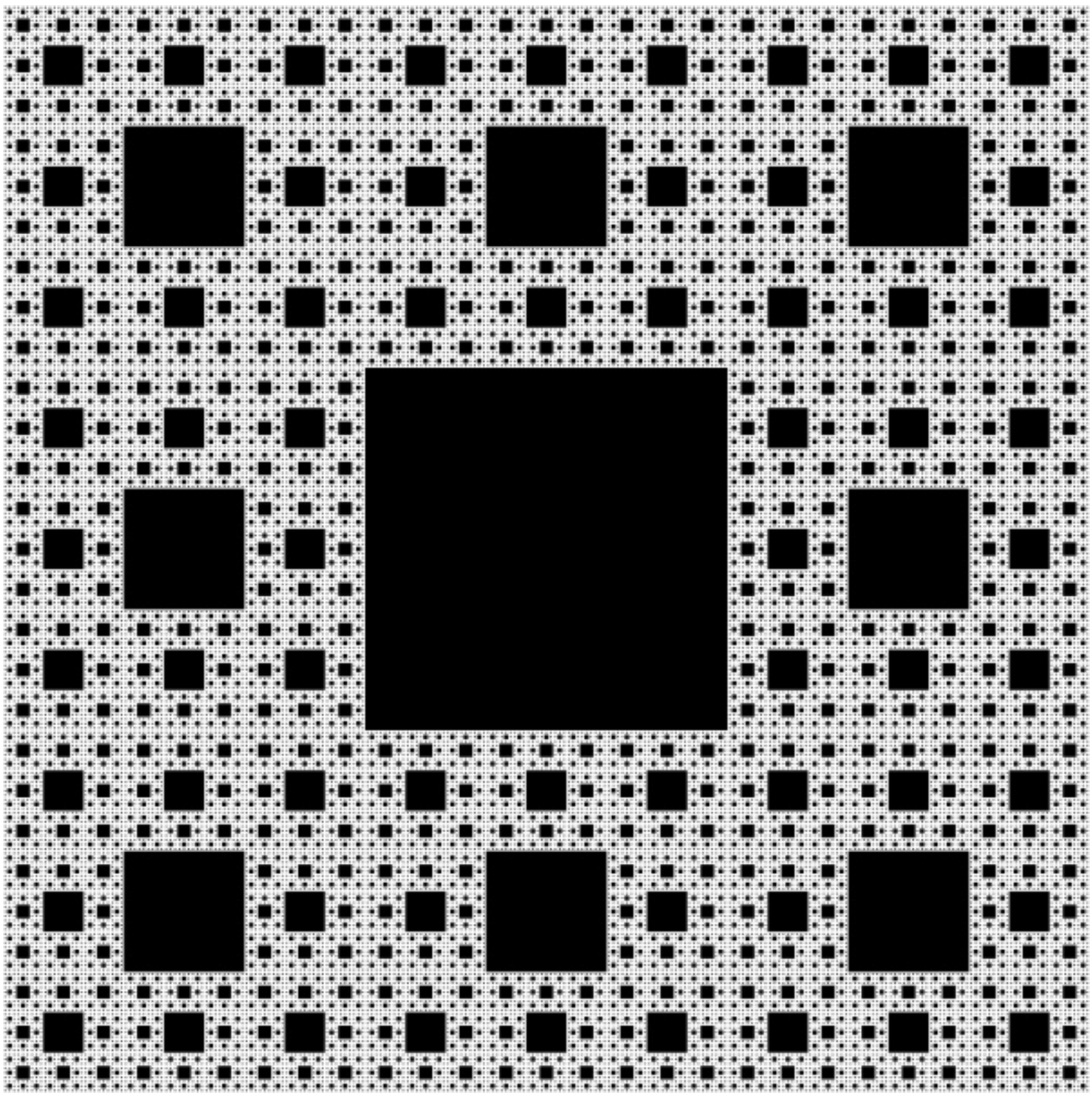
Fraktaler og datastrukturer

Erfaren Elm

Introduksjon

En fraktal er en geometri med et mønster som gjentar seg selv inne i seg selv. Høres ikke det rart ut? I denne oppgaven skal vi lage våre egne.

Her er Sierpinski-teppet, som er en fraktal:



Steg 1: Hvordan fungerer Sierpinski?

Fraktaler følger tre regler:

- [ ] **Startregelen** gir hvor vi skal starte. Med en firkant? En trekant? En strek?
- [ ] **Tegneregelen** gir hvordan vi skal tegne på nivået vi er. Fargelegge en bit av firkanten? Splitte en strek i to?
- [ ] **Rekursjonsregelen** deler opp figuren vår i mindre biter, som vi kjører på nytt i. Lager firkanten vi tegnet nye firkanter? Lager streken vi tegnet nye streker? Gjenta for hver strek.

Sjekkliste

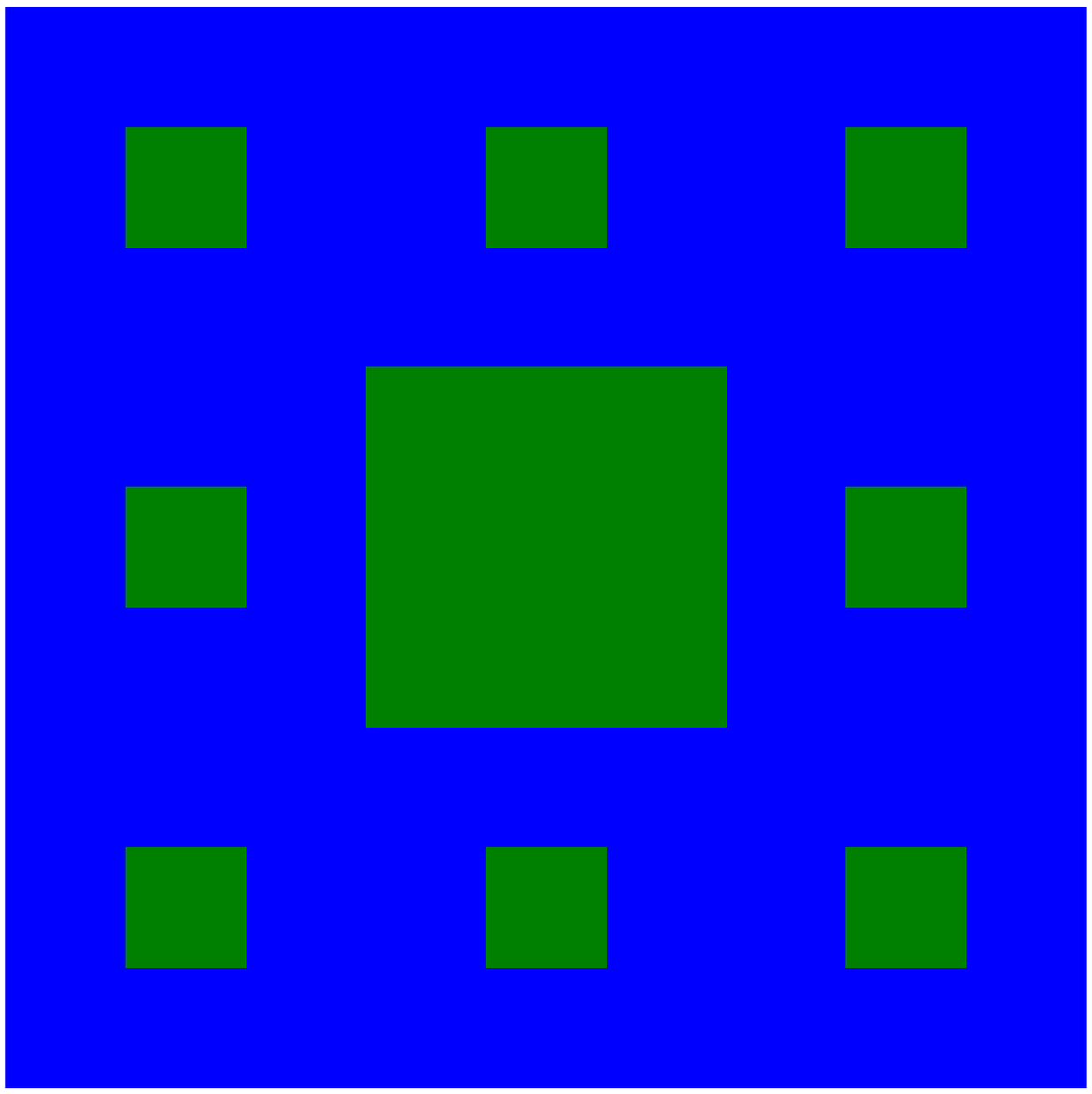
Gå til Wikipedia-artikkelen til Sierpinski-teppet. Se på animasjonen.

- [ ] Hvordan er teppet før det begynner å bli fargelagt? Dette er **startregelen**.
- [ ] Hva tegner vi i hver firkant? Dette er **tegneregelen**.
- [ ] Hvordan gjentas regelen? Dette er **rekursjonsregelen**.

Se på figurene under avsnittet **Process**. Ser du at noe gjentar seg?

Steg 2: Tegne kvadrater med SVG

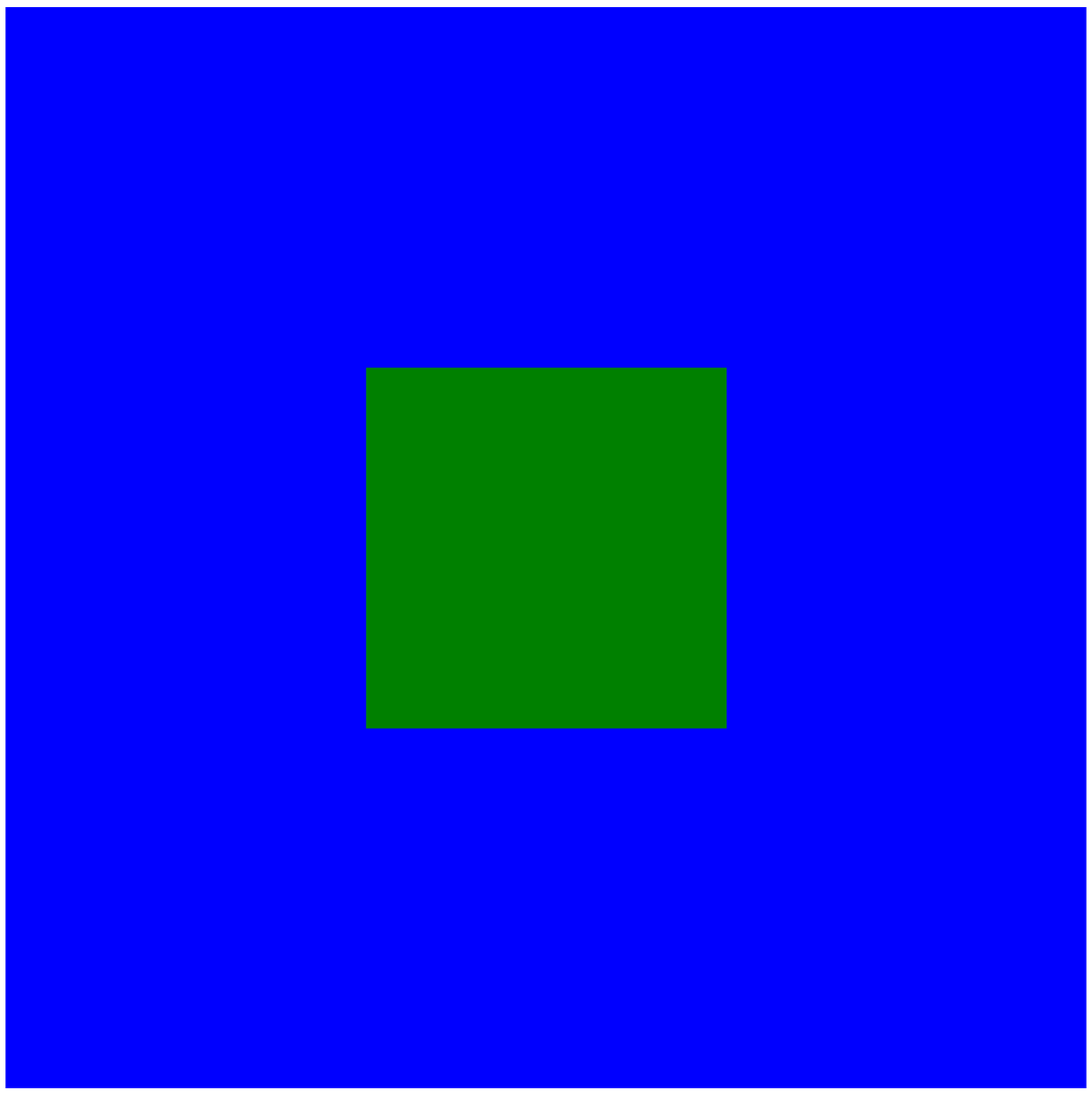
Nå skal vi begynne å tegne kvadratene teppet:



Ett kvadrat kan vi tegne slik:

```
import Svg exposing (svg, rect)
import Svg.Attributes exposing (width, height, viewBox, fill, x, y, width, height)


main =
    svg
      [ width "500", height "500", viewBox "0 0 27 27" ]
      [ rect [ x "0", y "0", width "27", height "27", fill "blue" ] [ ]
      , rect [ x "9", y "9", width "9", height "9", fill "green" ] [ ]
      ]
```



Sjekkliste

- [ ] Hvordan kan vi da tegne mange kvadrater?
- [ ] Hva bestemmer posisjonen til tallene?
- [ ] Hvor mange store grønne kvadrater har du tegnet?
- [ ] Hvor mange små grønne kvadrater har du tegnet?
- [ ] **Utvid koden til å tegne mange kvadrater**.

Steg 3: Datastrukturer

Kan du telle hvor mange kvadrater det finnes i Sierpinski-teppet? Ikke jeg heller. Hmm, gidder vi da å skrive de maaaange linjene SVG for hånd? Nei, vi programmerer!

Vi skal nå representere kvadrater med Records i Elm. Records lar oss lage *våre egne typer*. Vi kommer til å lage en type for punkter og en type for kvadrater.

Sjekkliste

Nå skal du få prøve å lese Elm sine egne læreressurser.

- [ ] Gå til Elm-dokumentasjonen for records. Finner du eksempelet for et punkt?

Vi legger til en liten snutt i programmet vårt:

```
import Html exposing (div, text, h1)

import Svg exposing (svg, rect)
import Svg.Attributes exposing (width, height, viewBox, fill, x, y, width, height)

myPoint =
    { x = 9
    , y = 3
    }

main =
    div []
```

```
    [ h1 [] [ text (toString myPoint) ]
    , svg
      [ width "500", height "500", viewBox "0 0 27 27" ]
      [ rect [ x "0", y "0", width "27", height "27", fill "blue" ] [ ]
      , rect [ x "3", y "3", width "3", height "3", fill "green" ] [ ]
      ]
    ]
```

Nå kan du endre `toString myPoint` for å skrive ut noe annet.

Sjekkliste

- [ ] Skriv ut kun `x`-attributten til `myPoint`
- [ ] Lag et annet punkt, `yourPoint`. Velg koordinater og skriv ut dette i stedet.
- [ ] Lag et tredje punkt, `theirPoint`. Dette skal du lage *ut ifra* `myPoint`, men du skal bytte ut x-verdien med `0`. Se avsnittet **Updating Records** i guiden.

Nå skal vi ta steget videre og lage våre egne punkter.

Husk! Du kan bruke linjen `[ h1 [] [ text (toString yz) ]` til å teste verdier.

- [ ] Les de to første eksemplene i avsnittet **Record types**.

Her finnes det allerede en `Point`-type vi kan bruke. Har du definert `myPoint` og `yourPoint` på samme måte som det gjøres i guiden?

- [ ] Skriv inn `Point`-typen i programmet ditt
- [ ] Spesifiser at punktene dine skal være av typen `Point`:

```
-- myPoint : Point betyr at myPoint skal være av type Point
myPoint : Point
myPoint = -- din tidligere løsning

-- yourPoint : Point betyr at yourPoint skal være av type Point
yourPoint : Point
yourPoint = -- din tidligere løsning
```

Klager kompilatoren? Hvorfor/hvorfor ikke? Om den klager betyr det ikke at du har gjort noe feil. Det bare at du og guiden lagde punkter på forskjellig måte.

- [ ] Utvid punktene dine med en z-verdi. Hva skjer når du kopilerer? Klarer du tyde feilmeldingen?
- [ ] Lag en ny type: `Point3D` som også har Z-verdi, og spesifiser at punktene dine skal være av denne typen:

```
myPoint : Point3D
-- ...
```

Dette får vi bruk for!

Steg 4: Datastrukturer i datastrukturer

I steg 3 bygget vi opp datastruktren `Point` fra to tall av typen `Float`.

Nå skal vi bruke får egen type, `Point`, til å bygge opp ett kvadrat.

Desimaltall

Obs! Her kommer det matte. Viktig for oss nå:

Kommatall i Elm har typen `Float`.

Dette har en forklaring:

Desimaltall i Elm har typen `Float`. Float er kort for *Floating point number*, som på norsk er *flyttall*. Disse kalles flyttall fordi de har *flytende presisjon*. Det betyr at vi kan ha et fast antall *siffer* med nøyaktighet. Vi kan også lage veldig store tall, som 1000 * 1000 * 1000 * 1000 * 10000

Sjekkliste

- [ ] Hva må vi vite om et kvadrat for at vi skal kunne tegne det?
- [ ] Lag typen kvadrat: `type alias Square = -- ...`

Nå skal vi tegne kvadratet!

```
viewSquare square = -- ...
```

- [ ] Lag funksjonen `viewSquare`. Bruk `rect` fra SVG som du har brukt tidligere.

Obs! Når vi tegner kvadrater må vi bruke en farge. En måte å løse det på er å ha en `color : String`-attributt på `Square`.

Her er hvordan jeg bruker min `viewSquare`:

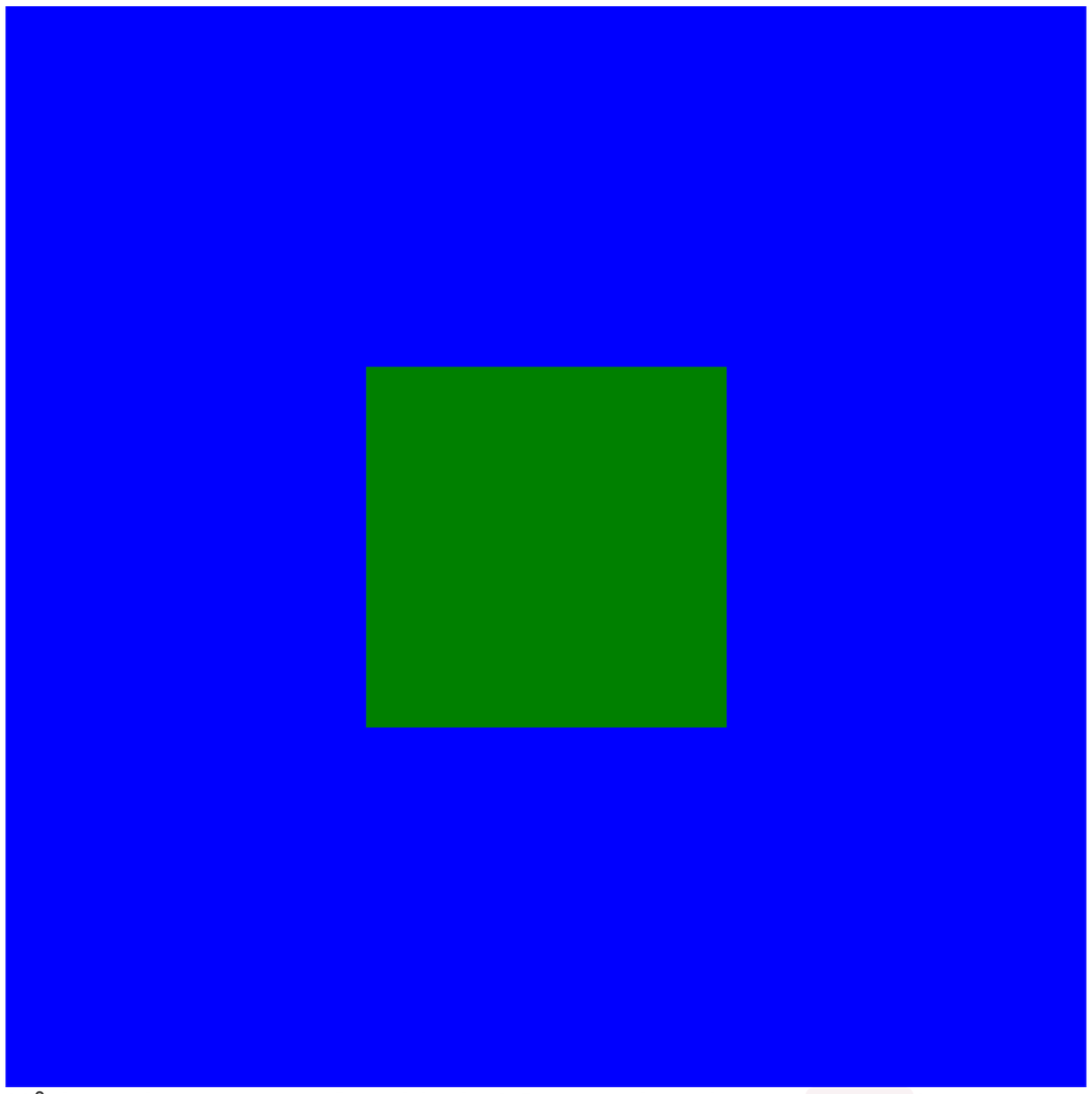
```
start =
  { corner = { x = 0.0
             , y = 0.0
             }
  , width = 27.0
  , color = "blue"
  }

center =
  { corner = { x = 9.0
             , y = 9.0
             }
  , width = 9.0
  , color = "green"
  }


main =
    div []
      [ h1 [] [ text (toString start)
              , text (toString center)
              ]
      , svg
        [ width "500", height "500", viewBox "0 0 27 27" ]
        [ viewSquare start
        , viewSquare center
        ]
      ]
```

Dette blir seende slik ut på min PC:

{ corner = { x = 0, y = 0 }, width = 27, color = "blue" }{ corner = { x = 9, y = 9 }, width = 9, color = "green" }



Nå har vi **startregelen** i boks! Den er kvadratet `start`!

Steg 5: Senterkvadrat og `let`

Vi kan sette binde navn med `let`. Her binder vi `age` til alderen vi regner ut:

```
describeAge yearNow yearBorn =
  let age = yearNow - yearBorn
  in "The age is " ++ (toString age)
```

Vi kan binde flere navn som kan være avhengig av hverandre:

```
describeHalfAge yearNow yearBorn =
  let age = yearNow - yearBorn
      halfAge = age / 2
  in "Half the age is " ++ (toString halfAge)
```

Sjekkliste

- [ ] Lag funksjonen `describeDoubleAge`. Hva skal denne gjøre?
- [ ] Les overskriften **Let expressions** i syntaxguiden. Her er det noen eksempler. Prøv selv!

Nå skal vi tilbake til fraktalene våre, vi skal lage den grønne firkanten i sentrum. Denne gangen med kode!

- [ ] Lag funksjonen `centerSquare`. Denne skal ta inn et kvadrat og returnere kvadratet i sentrum av det forrige. Hvilken farge skal det ha?

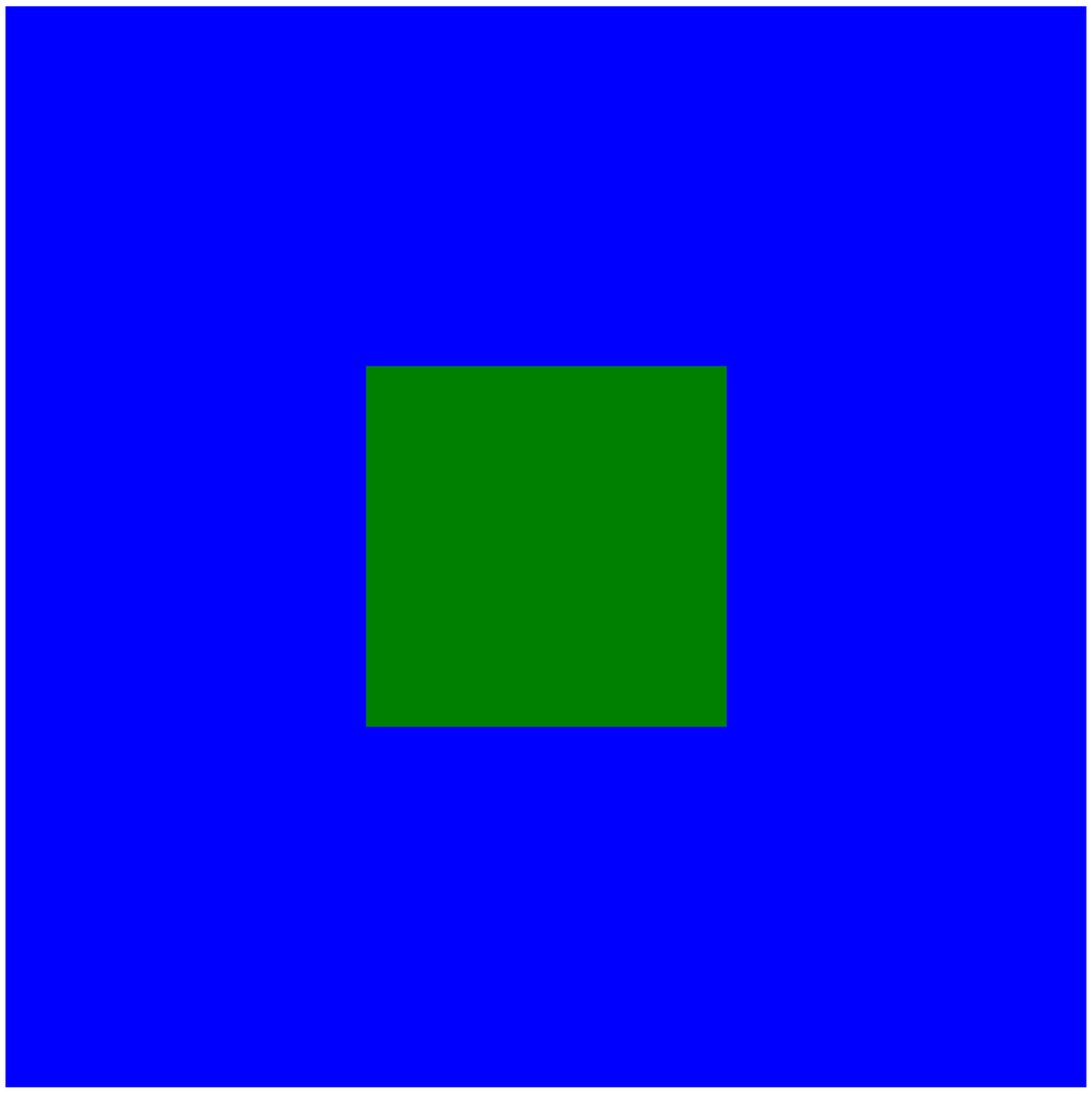
Her er en start:

```
centerSquare : Square -> Square
centerSquare old =
    let x =
```

Du skal kunne bruke den slik:

```
> centerSquare
<function> : Utils.Square -> Utils.Square
> centerSquare start
{ color = "blue", width = 9, corner = { x = 9, y = 9 } } : Utils.Square
```

... hva må x-verdien være om det nye kvadratet skal være i sentrum av det forrige?



Steg 6: Funksjoner fra `List` og `String`

`List.map` kjører en funksjon på hvert element i en liste. Eksempel:

```
> add1 x = x + 1
<function> : number -> number
> List.map add1 [10, 20, 30]
[11,21,31] : List number
> times2 x = x * 2
<function> : number -> number
> List.map times2 [10, 20, 30]
[20,40,60] : List number
```

Sjekkliste

- [ ] Les avnsitet om `List.map` i dokumentasjonen til List.
- [ ] Bruk `List.map` til å lage listen `["1","2","3","4"]`

`List.range` kan lage en liste med tall. Eksempel:

```
> List.map toString (List.range 1 4)
["1","2","3","4"] : List String
> List.range 5 10
[5,6,7,8,9,10] : List Int
> List.range 0 3
[0,1,2,3] : List Int
```

- [ ] Les avsnittet om `List.range` i dokumentasjonen til List
- [ ] Bruk `List.map` og `List.range` til å lage denne store listen:

```
["0","1","2","3","4","5","6","7","8","9","10","11","12","13","14"
,"15","16","17","18","19","20","21","22","23","24","25","26","27"
,"28","29","30"]
```

Vi innfører enda en nyttig funksjon: `String.join`. Denne bygger opp tekst fra en liste.

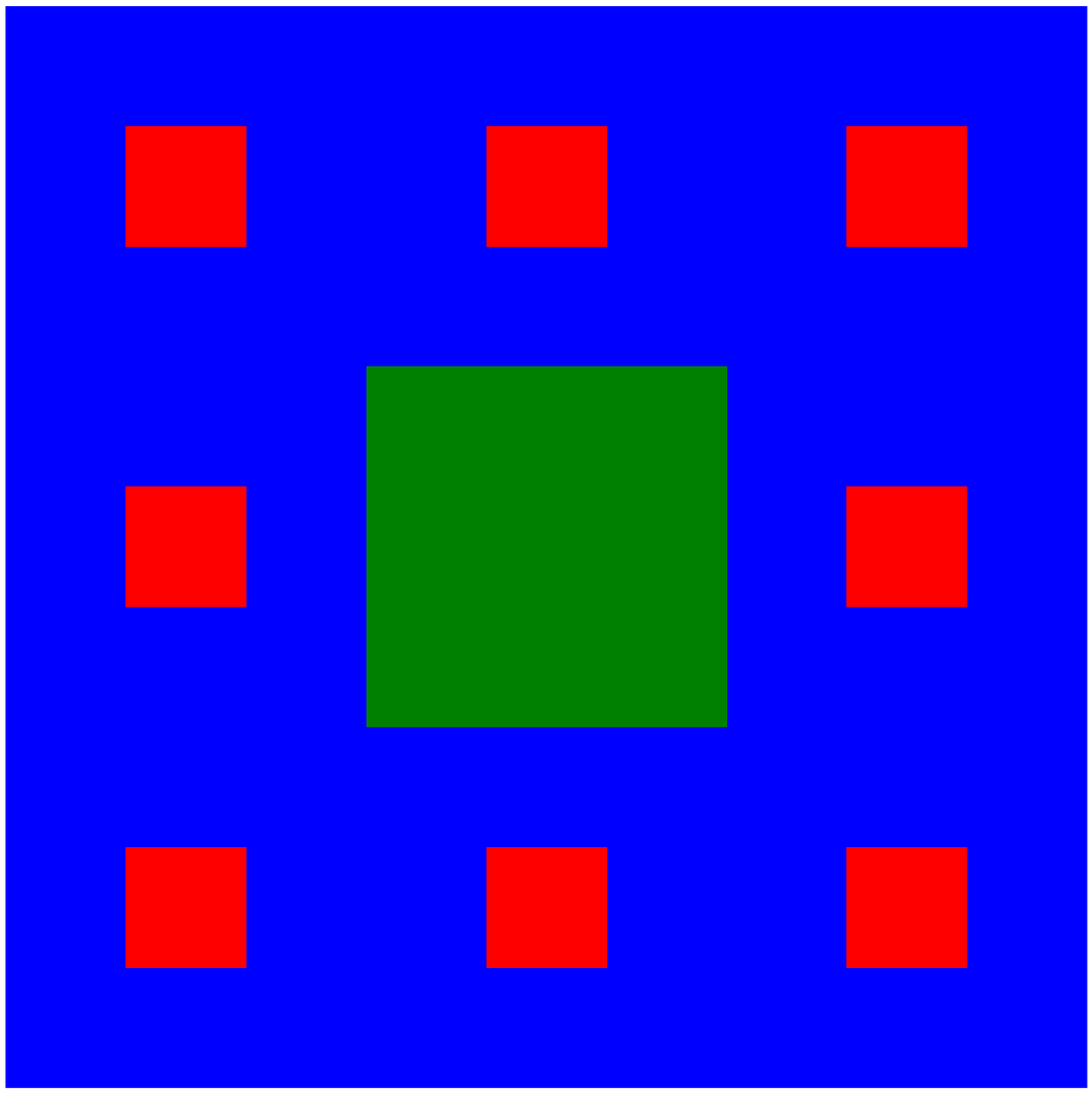
- [ ] Les dokumentasjonen til `String.join` i dokumentasjonen til String
- [ ] Lag funksjonen `sayTo`. Den skal kunne brukes slik:

```
> sayTo 10
"1 og 2 og 3 og 4 og 5 og 6 og 7 og 8 og 9 og 10" : String
> sayTo 3
"1 og 2 og 3" : String
```

Bra! Gi deg selv en klapp på skulderen.

Steg 7: Kvadrater langs kanten

Nå skal vi finne kvadratene langs kanten. Hvor mange blir det? Tell de røde:



Obs! Denne er en utfording. Ta deg god tid.

Sjekkliste

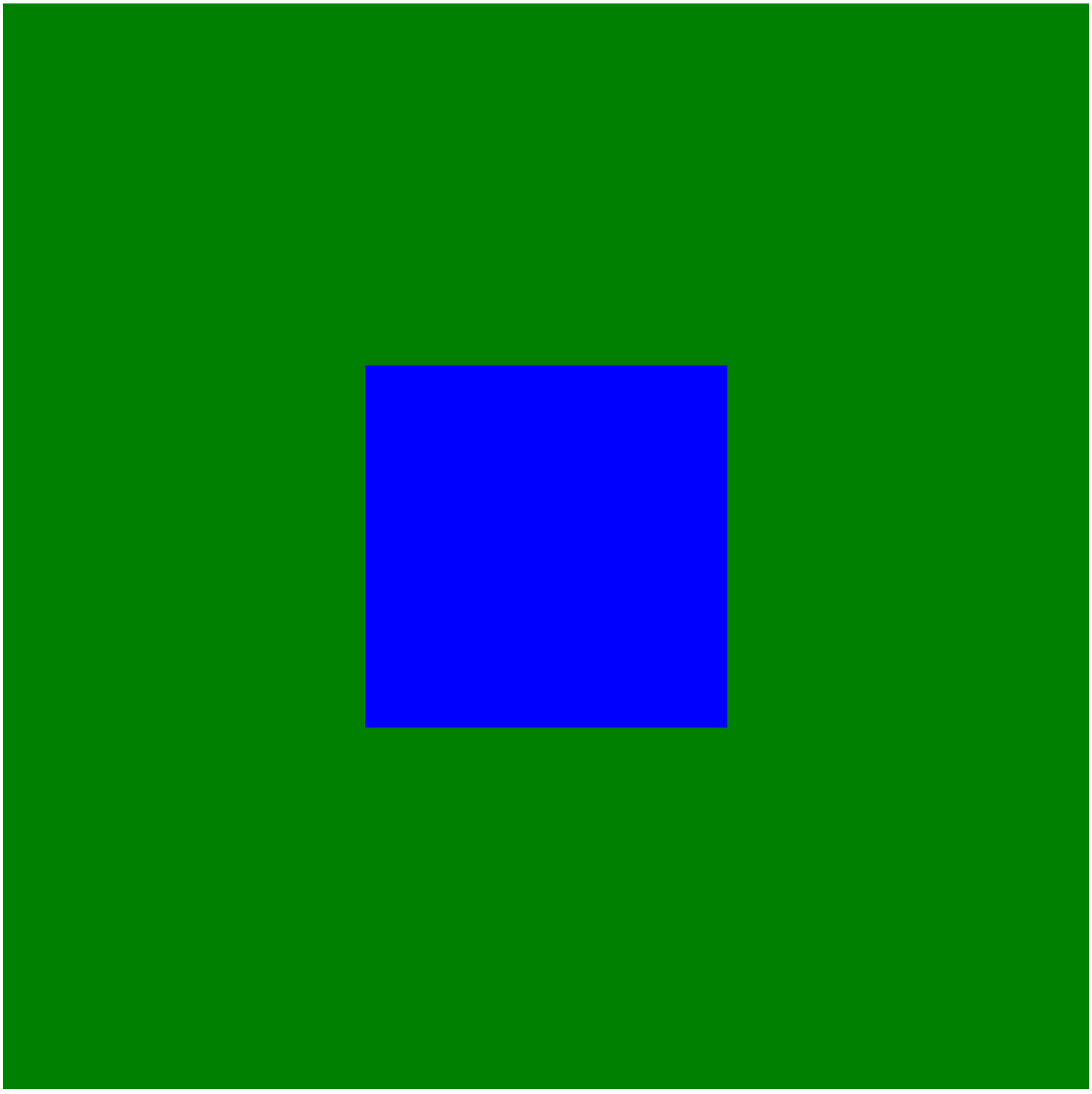
- [ ] Lag funksjonen `borderSquares`. Denne skal vi kunne bruke slik:

```
> start
{ color = "green", width = 729, corner = { x = 0, y = 0 } } : Utils.Square
> borderSquares start
[{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 0, y = 0 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 243, y = 0 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 486, y = 0 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 0, y = 243 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 486, y = 243 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 0, y = 486 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 243, y = 486 } }
,{ color = "blue", width = 243, corner = { x = 486, y = 486 } }]
    : List Utils.Square
```

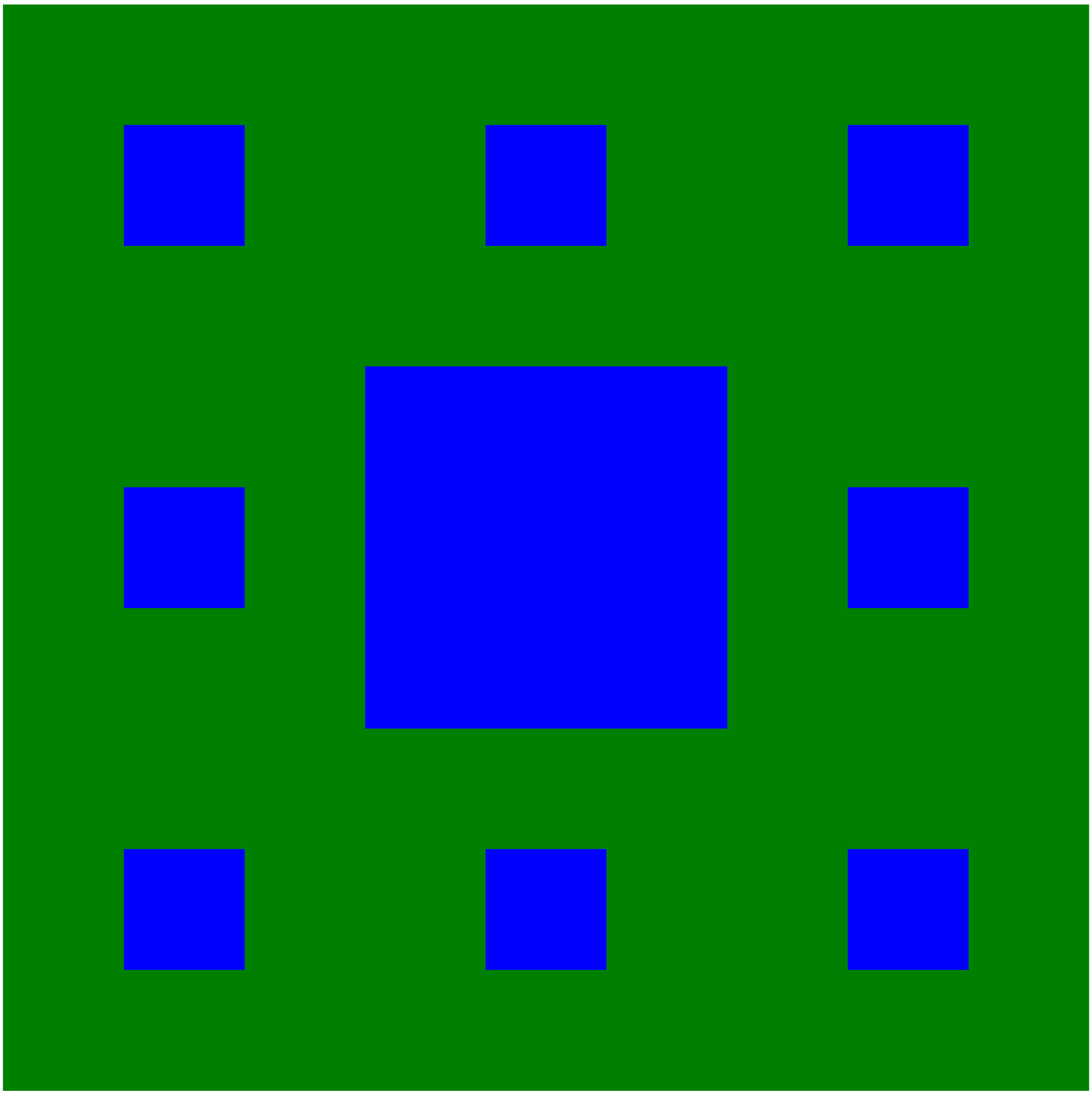
Steg XX: Tegn fraktalen

OBS! Teodor ble ikke ferdig med oppgaven! Her er hva vi vil ende opp med:

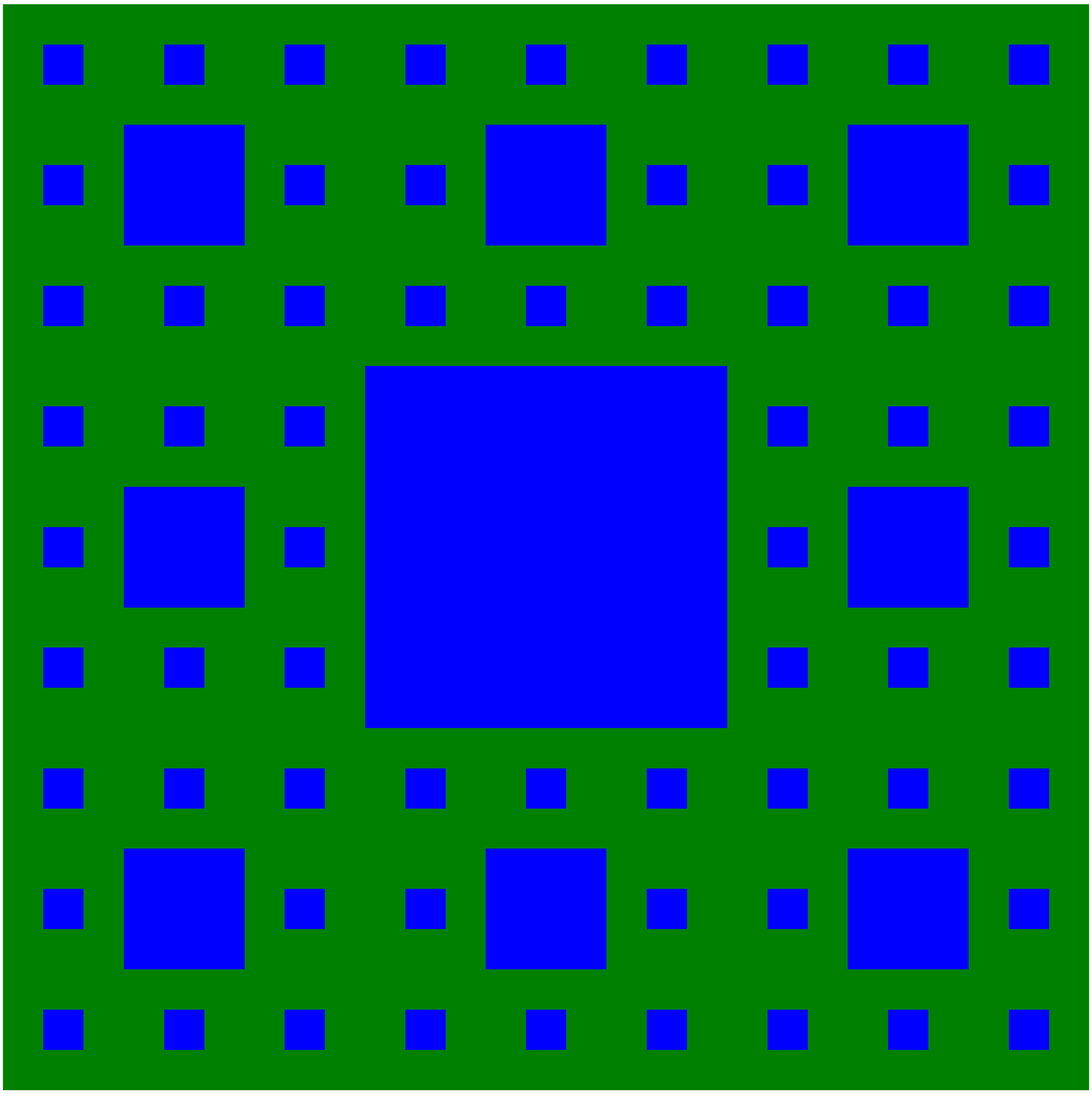
Nivå 1:



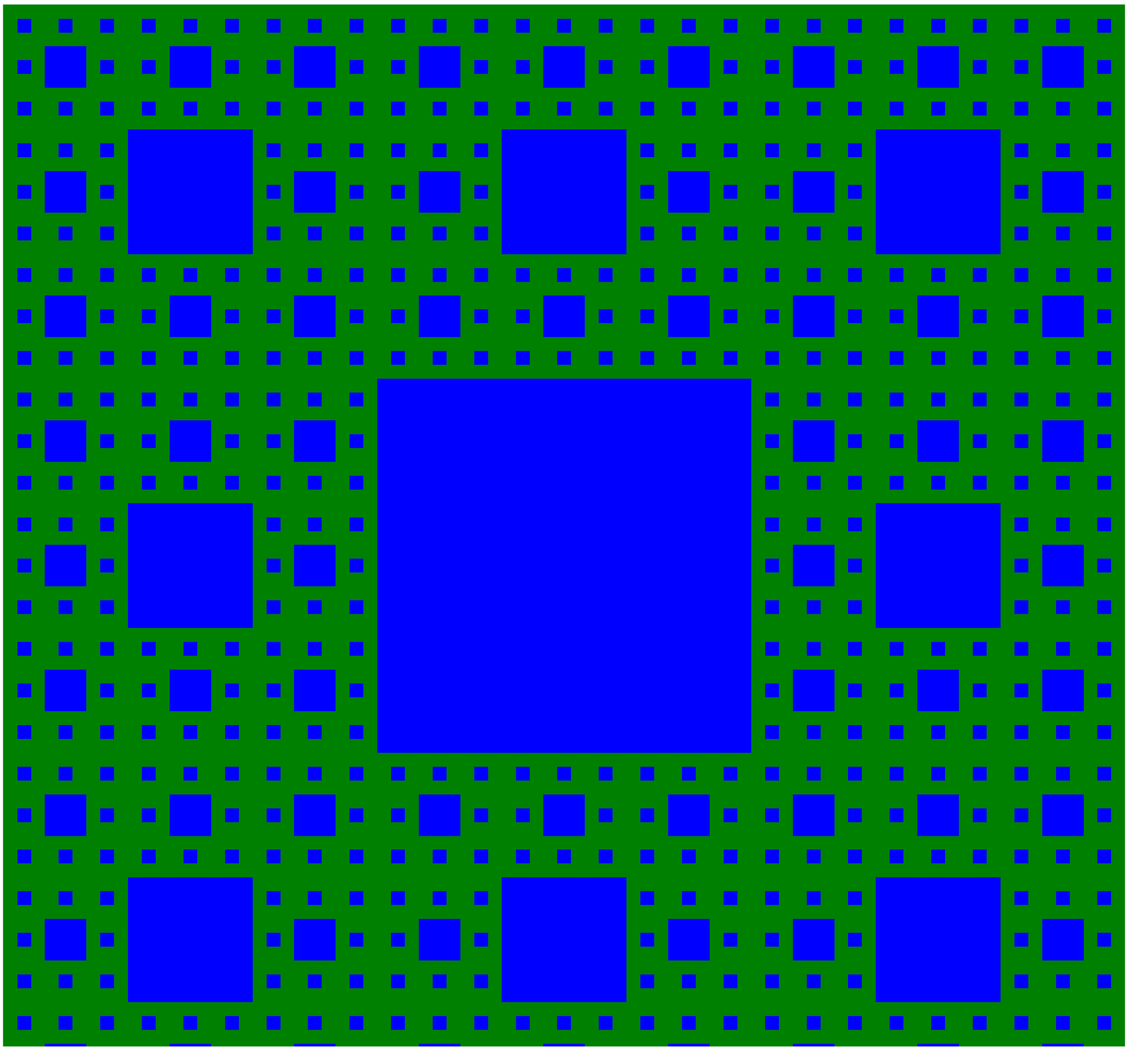
Nivå 2:

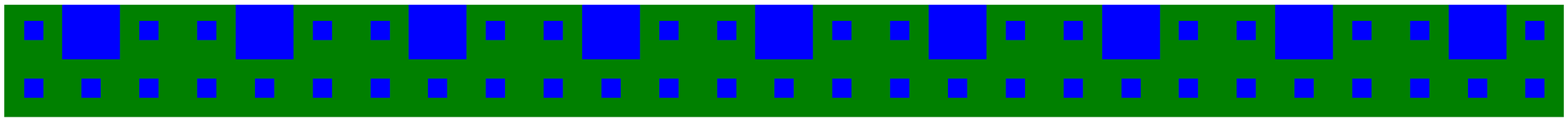


Nivå 3:



Nivå 4:





... nå tar det så lang tid på min PC at jeg ikke gidder lenger inn!

Prøv videre selv, så kommer jeg tilbake til neste uke.