

ADATSZERKEZETEK ÉS ALGORITMUSOK

Bináris keresőfa – animációk
„Hierarchikus adatszerkezetek, keresési fák”

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 10

Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 10



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

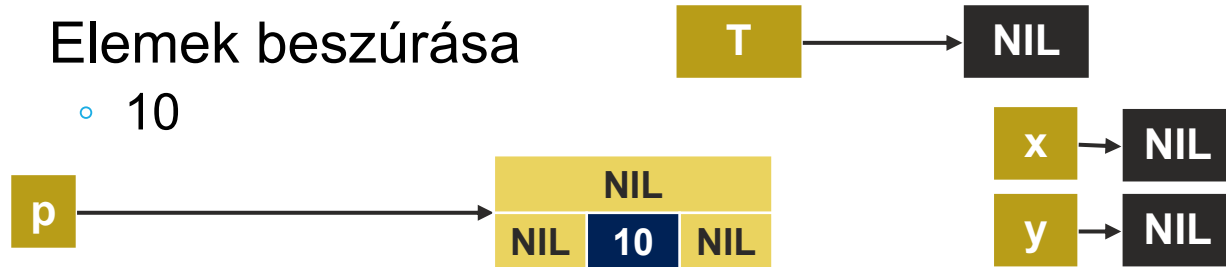
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 10



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

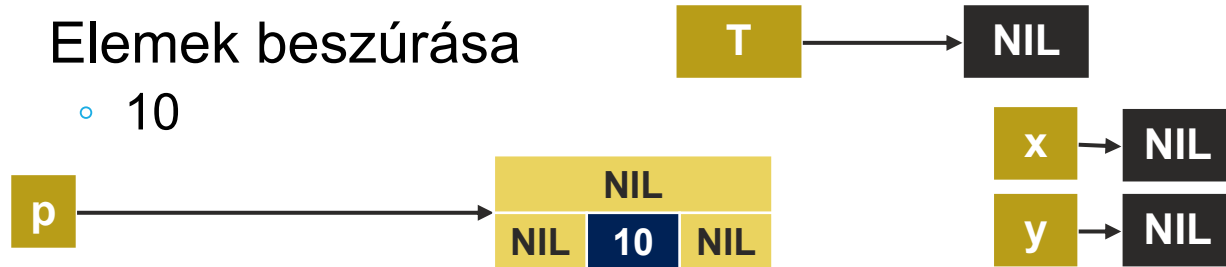
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 10



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

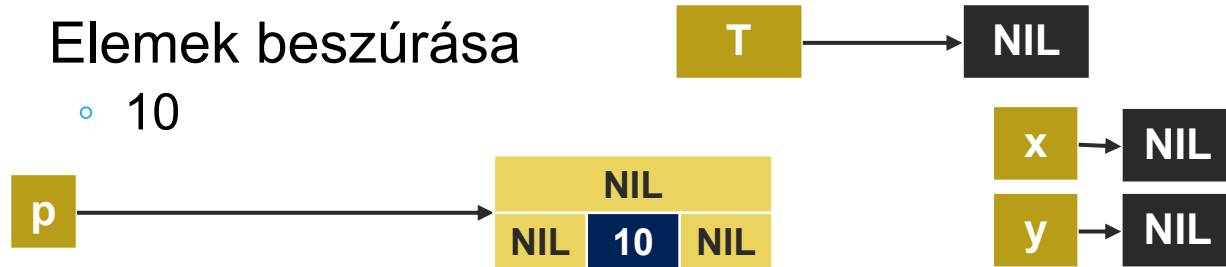
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 10



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

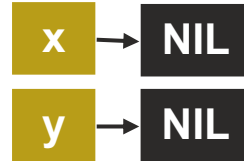
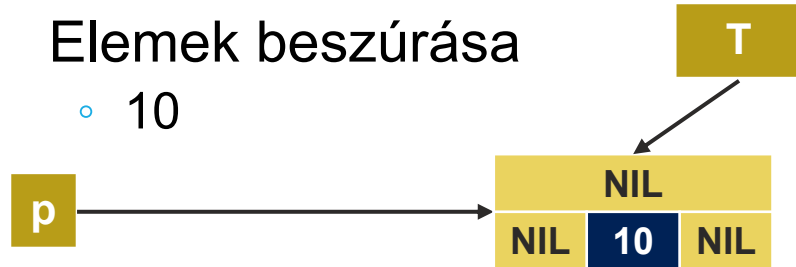
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 10



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

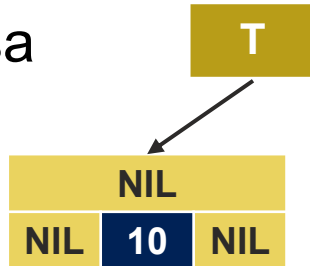
else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

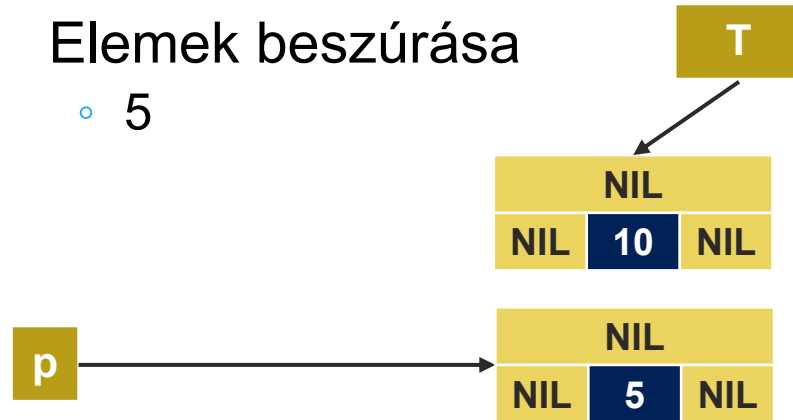
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

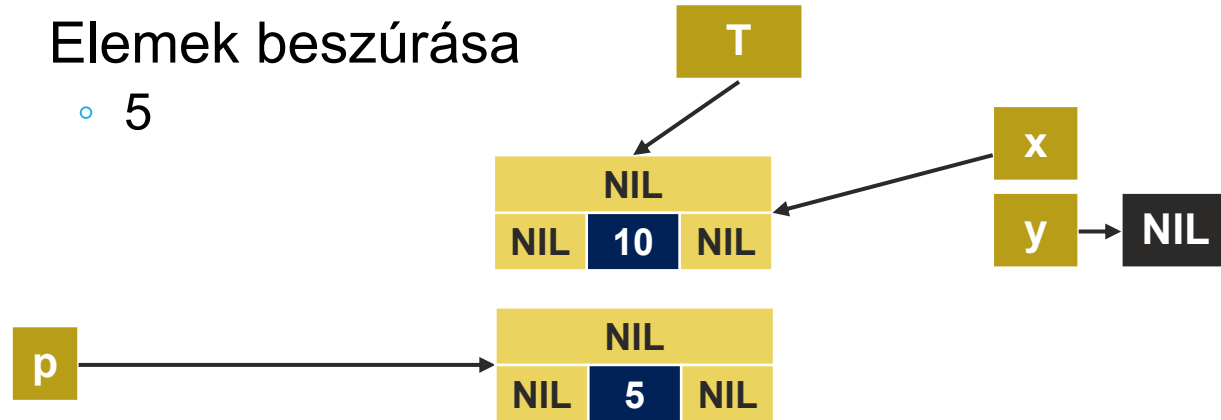
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

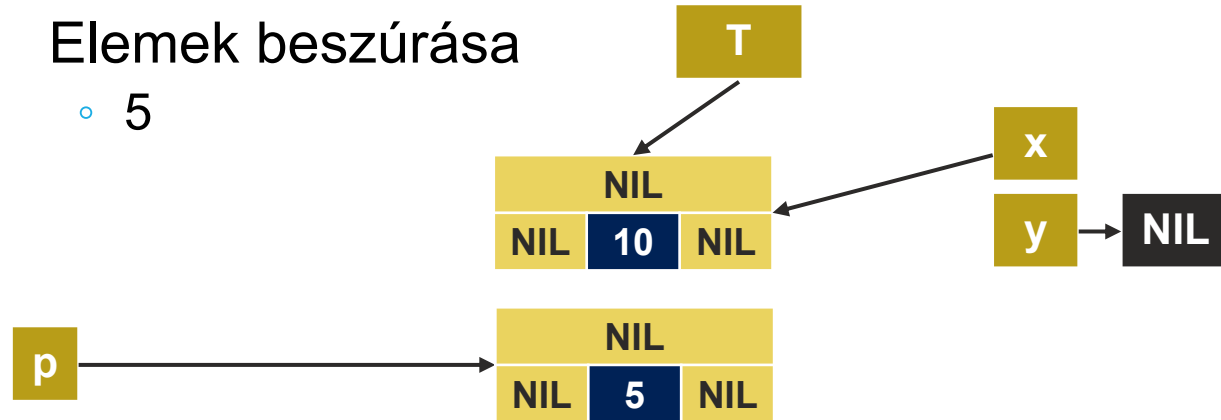
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

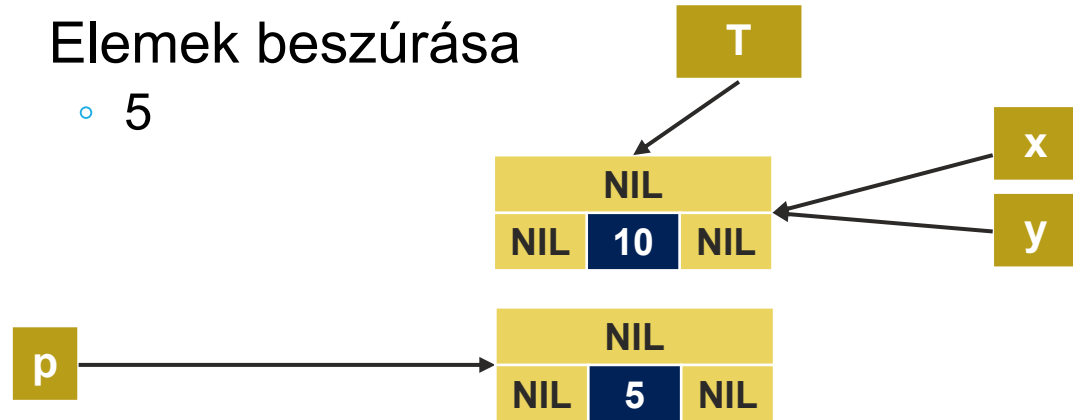
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

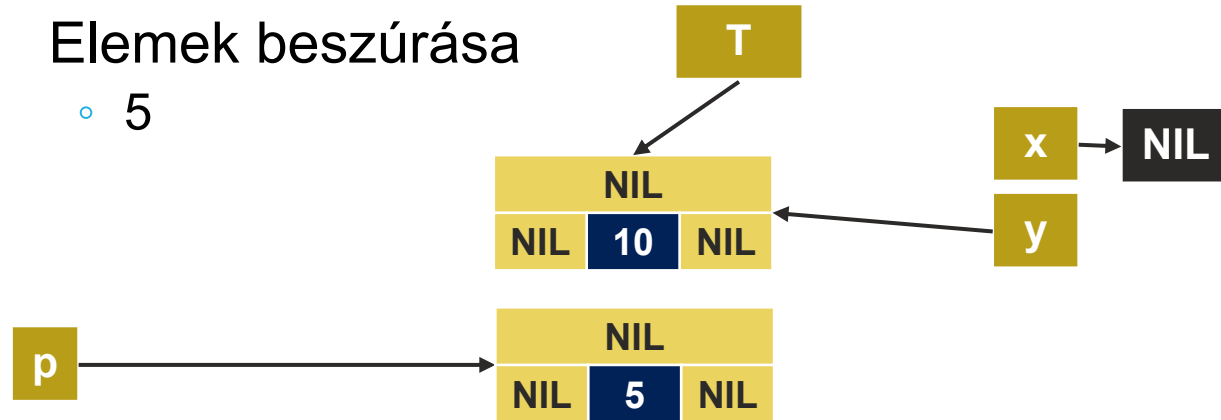
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

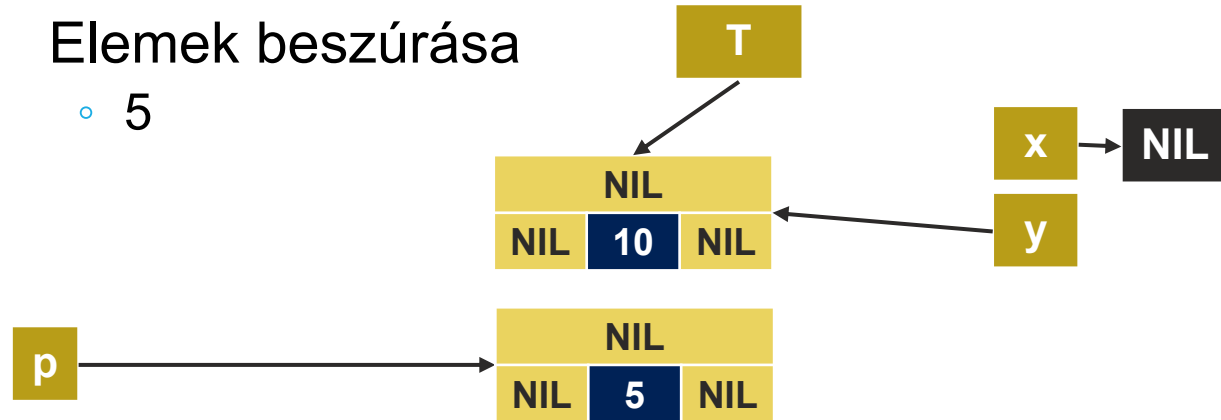
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

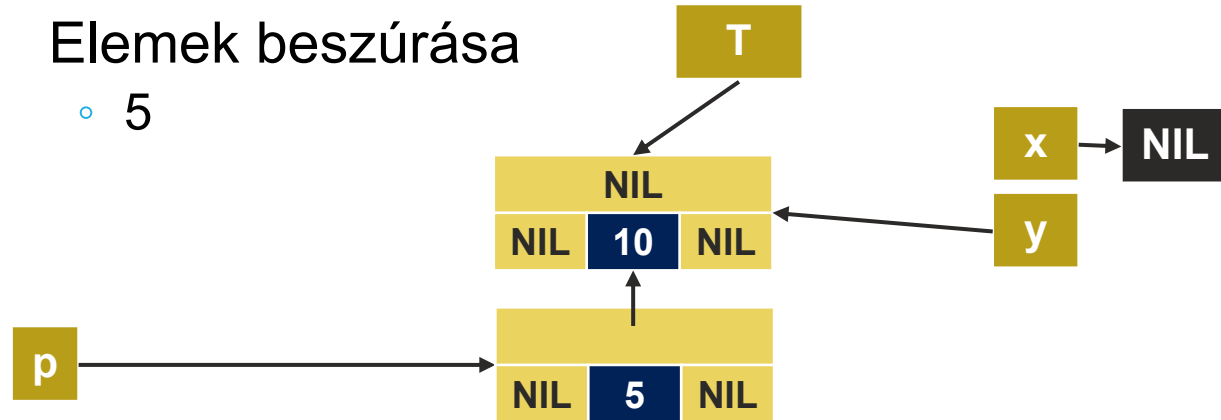
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

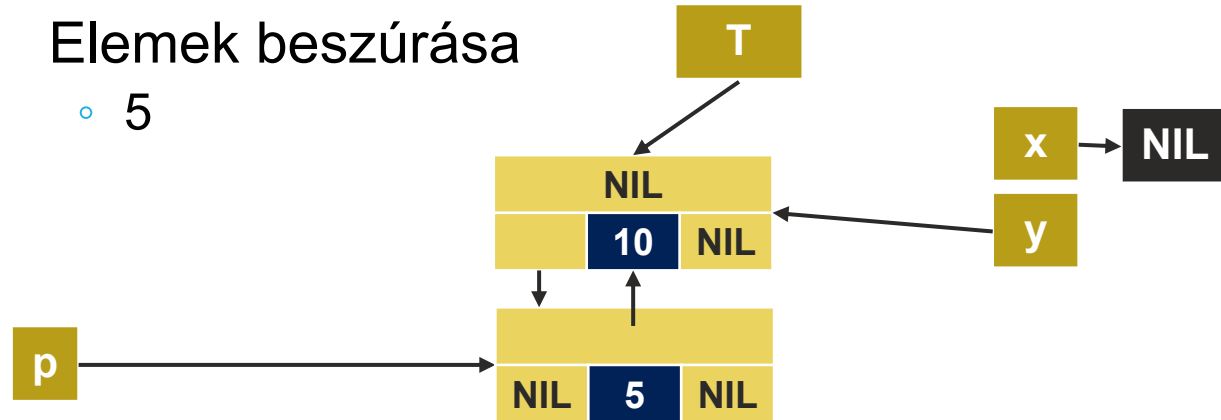
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 5



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

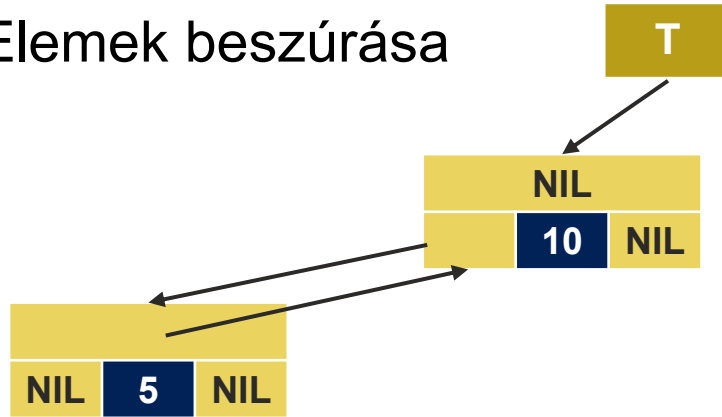
else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

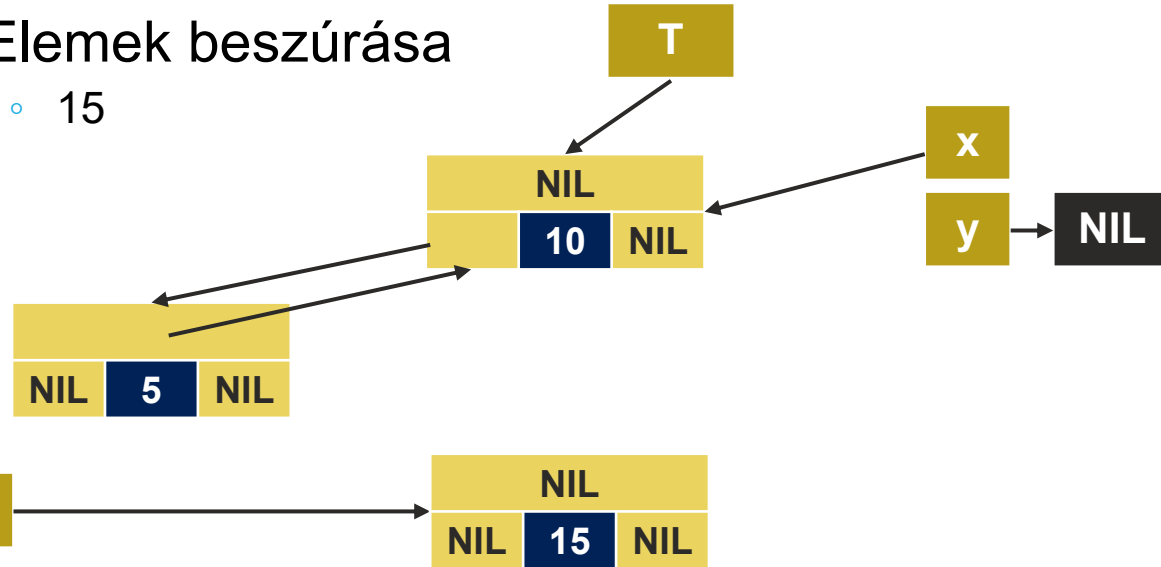
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

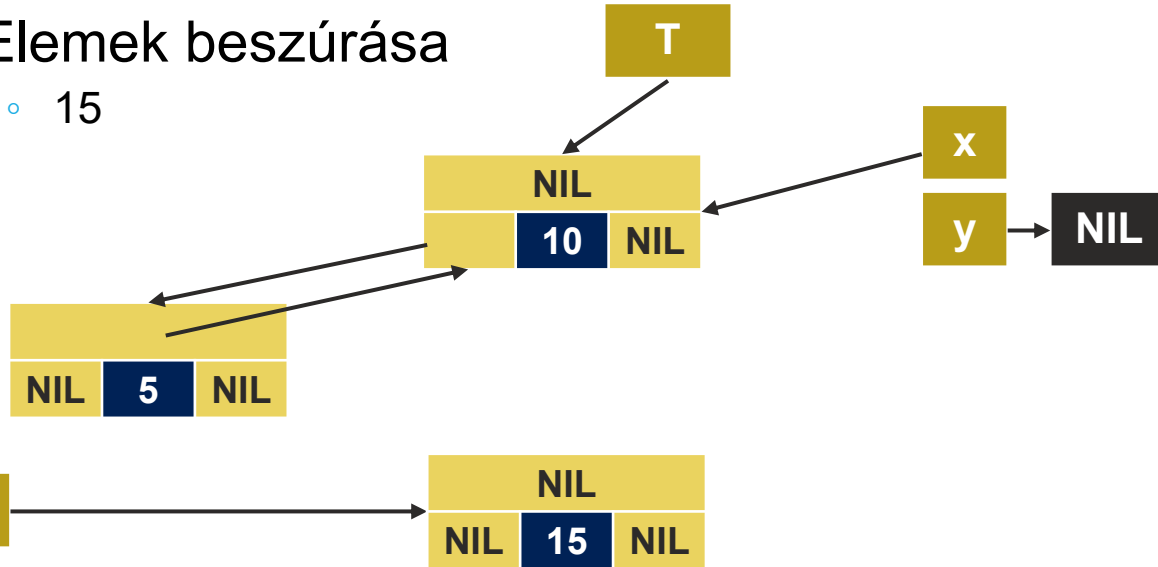
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

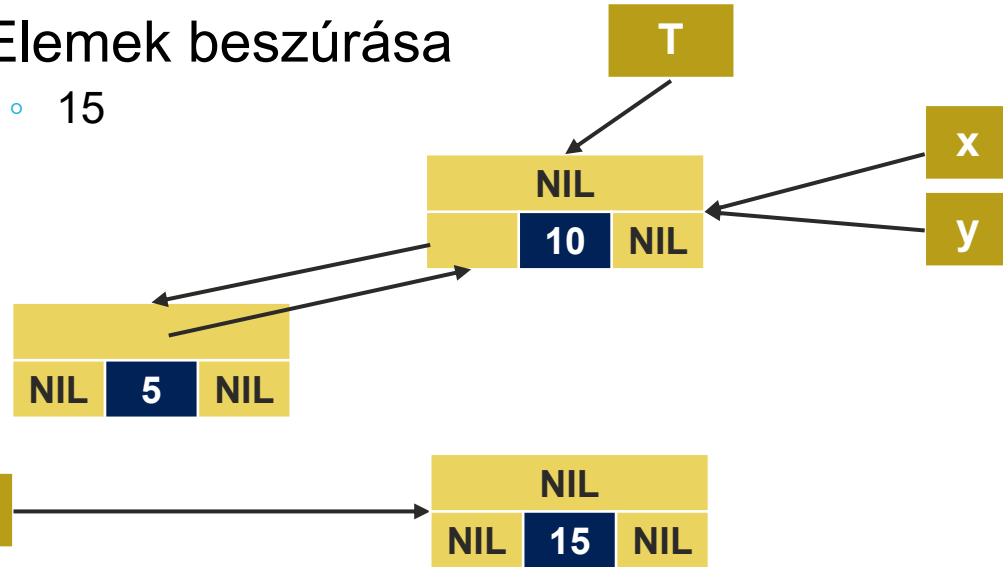
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

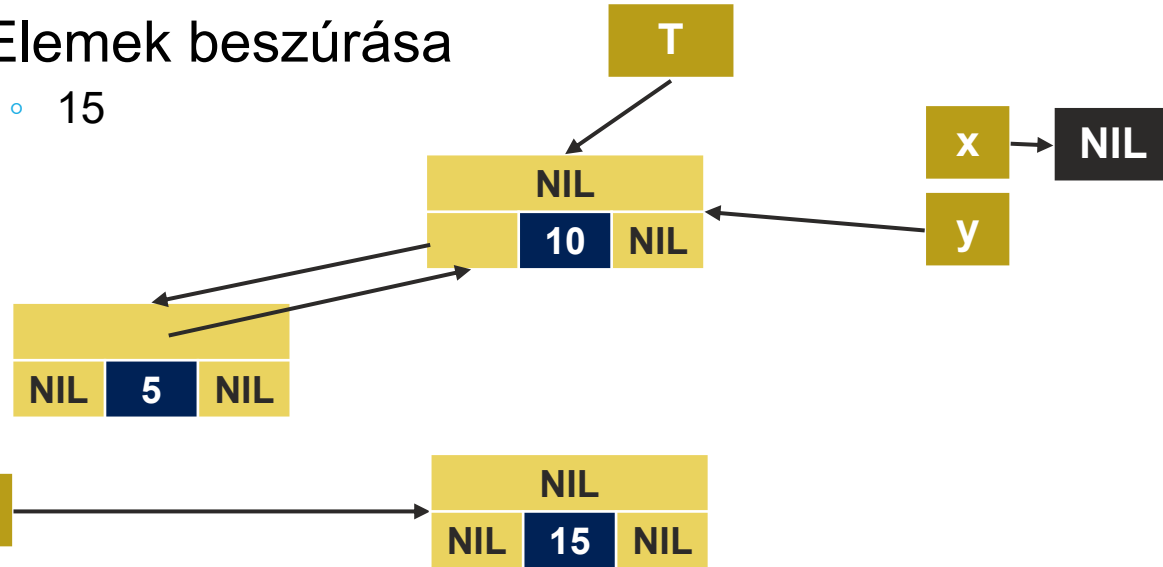
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

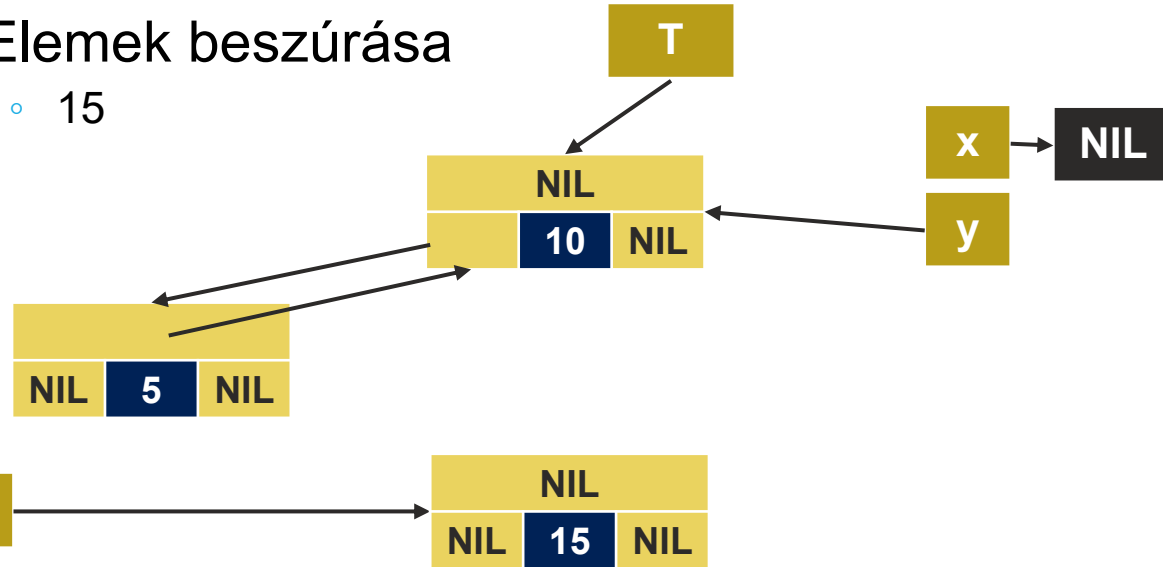
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

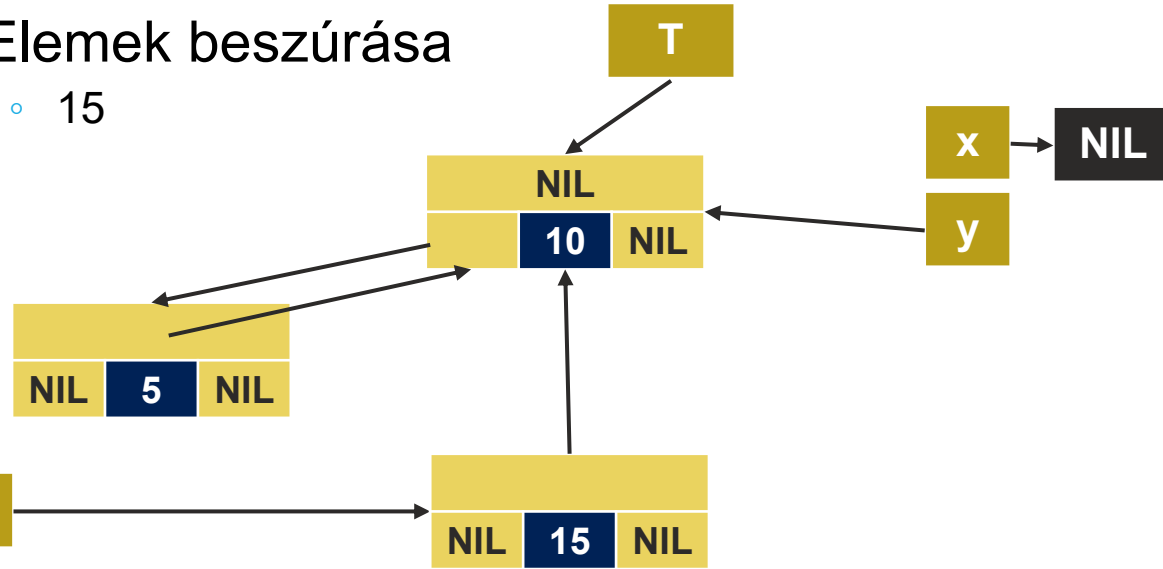
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

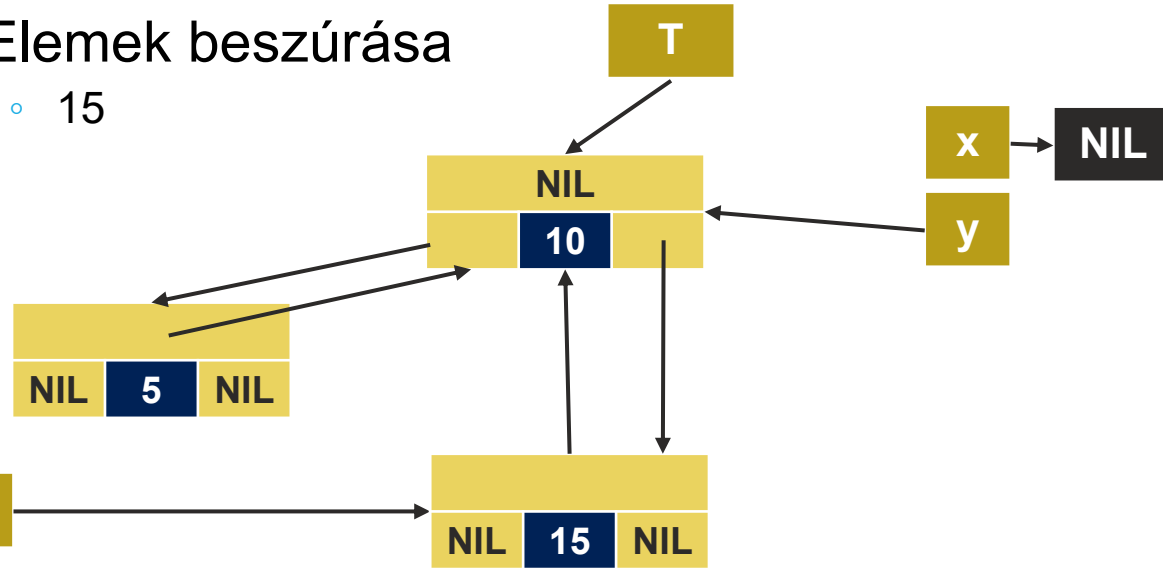
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 15



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

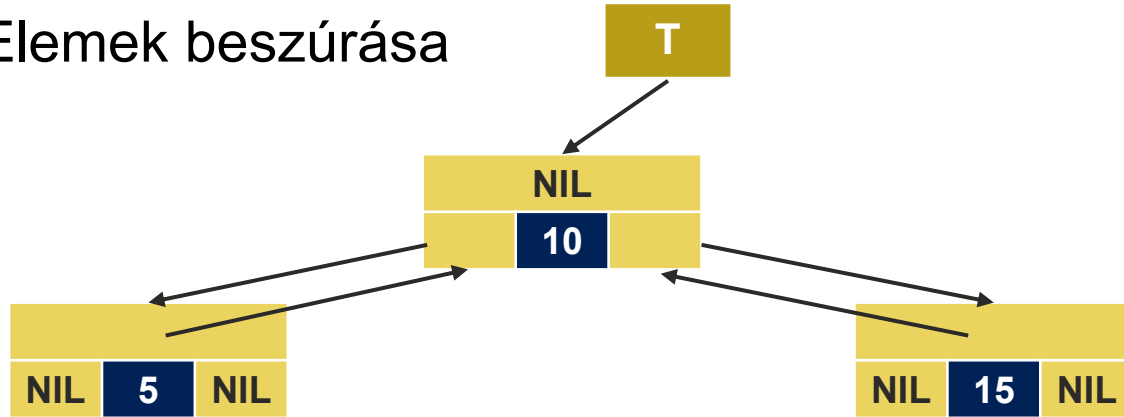
else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

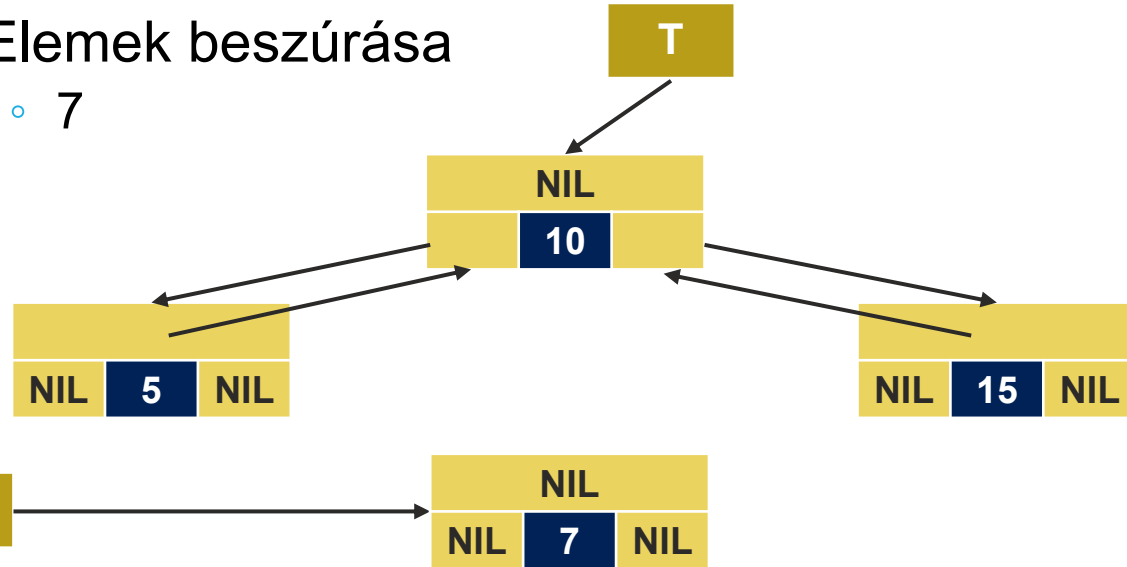
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

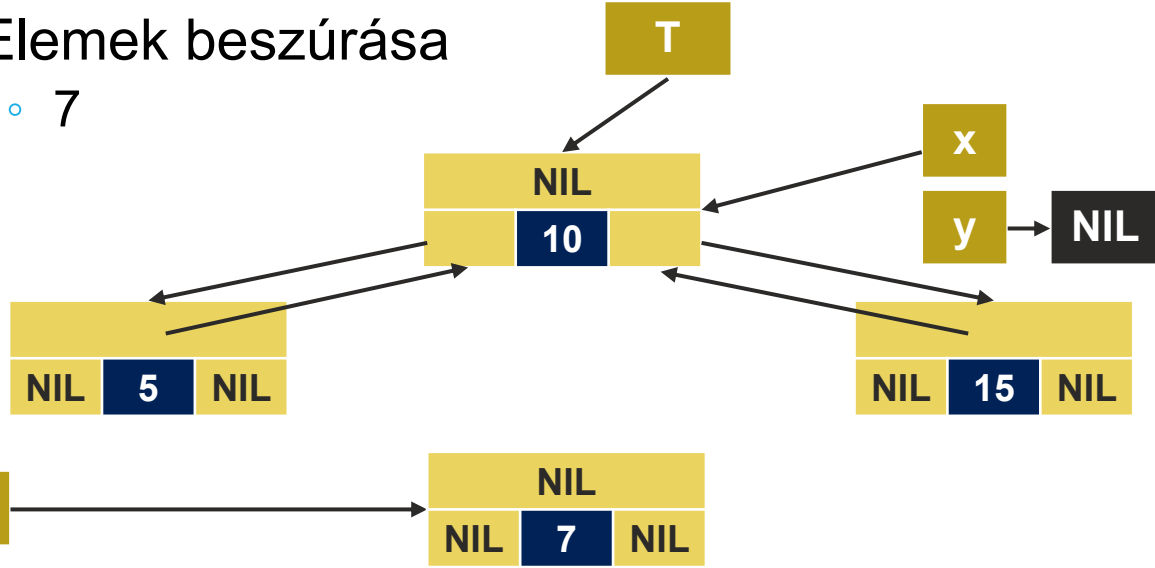
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T, p)

Elemek beszűrése

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

```
while x  $\neq$  NIL
```

do $y \leftarrow x$

```
if kulcs[p] < kulcs[x]
```

```
then  $x \leftarrow \text{bal}[x]$ 
```

```
else x ← jobb[x]
```

$$\text{szülő}[p] \leftarrow y$$

```
if y = NIL
```

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

```
else if kulcs[p] < kulcs[y]
```

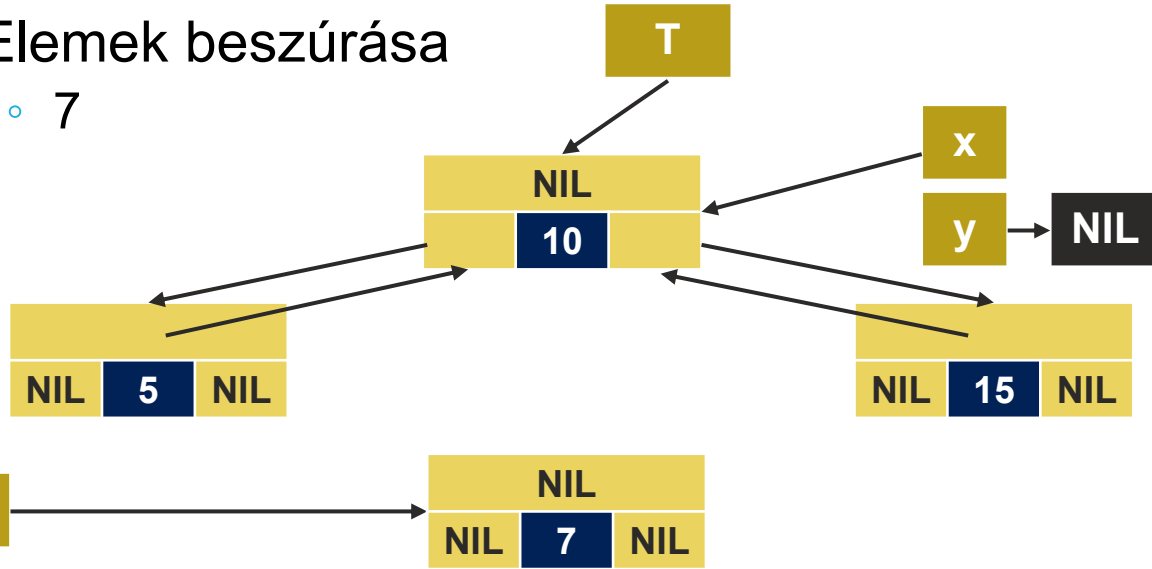
```
then bal[y]  $\leftarrow$  p
```

```
else jobb[y]  $\leftarrow$  p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T, p)

Elemek beszűrése

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

```
while x ≠ NIL
```

do $y \leftarrow x$

```
if kulcs[p] < kulcs[x]
```

```
then  $x \leftarrow \text{bal}[x]$ 
```

```
else x ← jobb[x]
```

$$\text{szülő}[p] \leftarrow y$$

```
if y = NIL
```

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

```
else if kulcs[p] < kulcs[y]
```

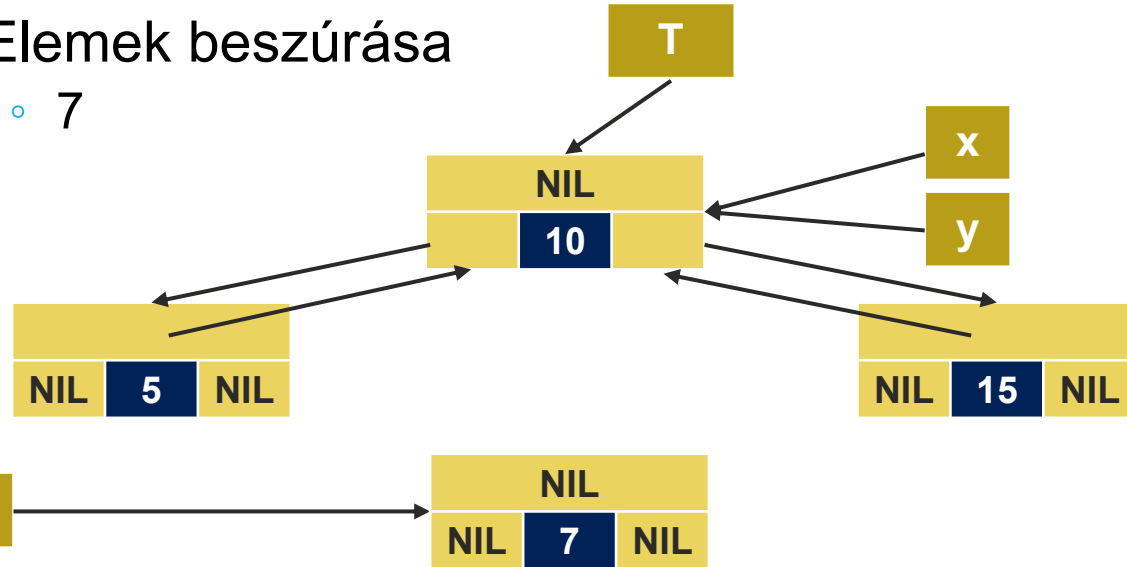
```
then bal[y]  $\leftarrow$  p
```

```
else jobb[y]  $\leftarrow$  p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

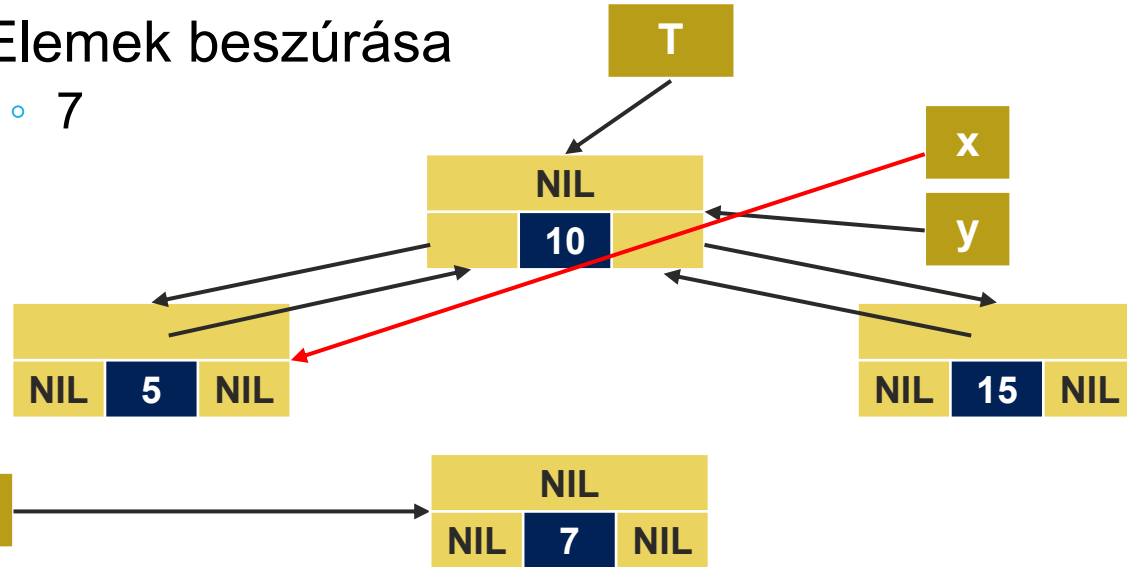
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

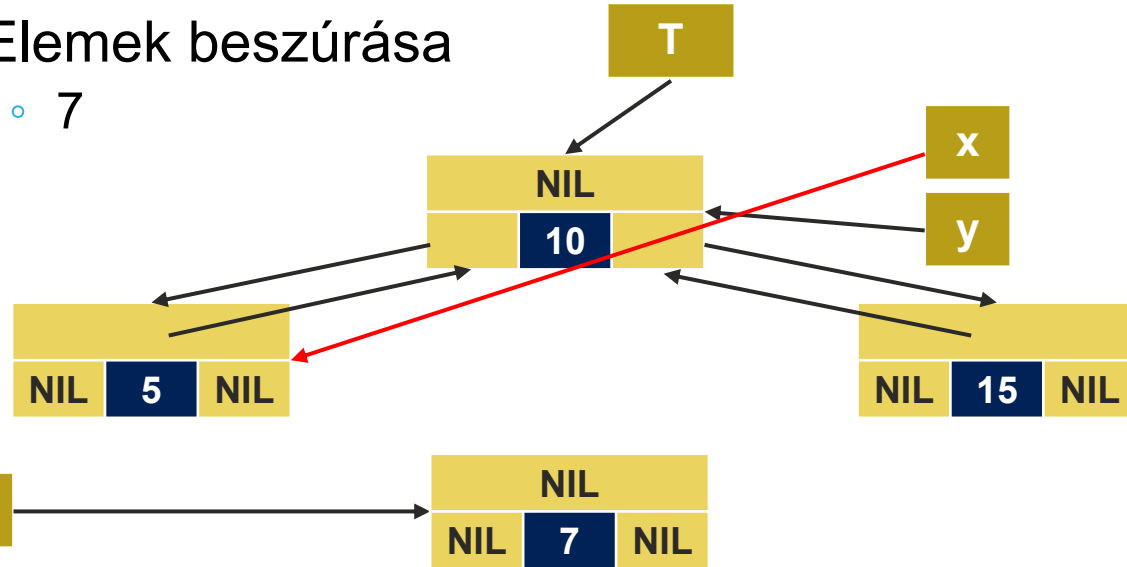
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

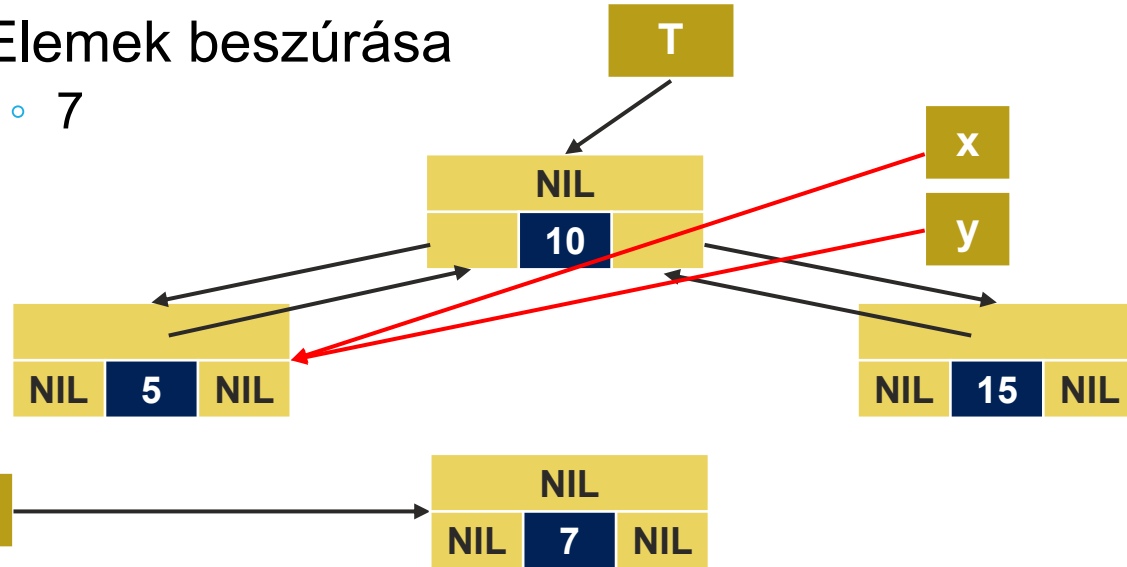
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

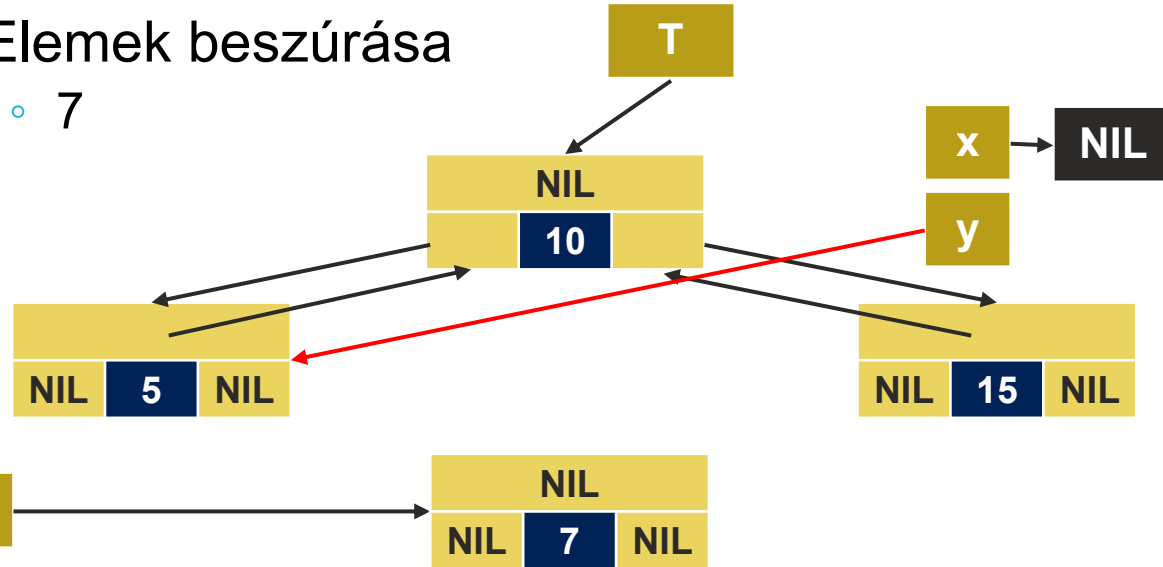
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

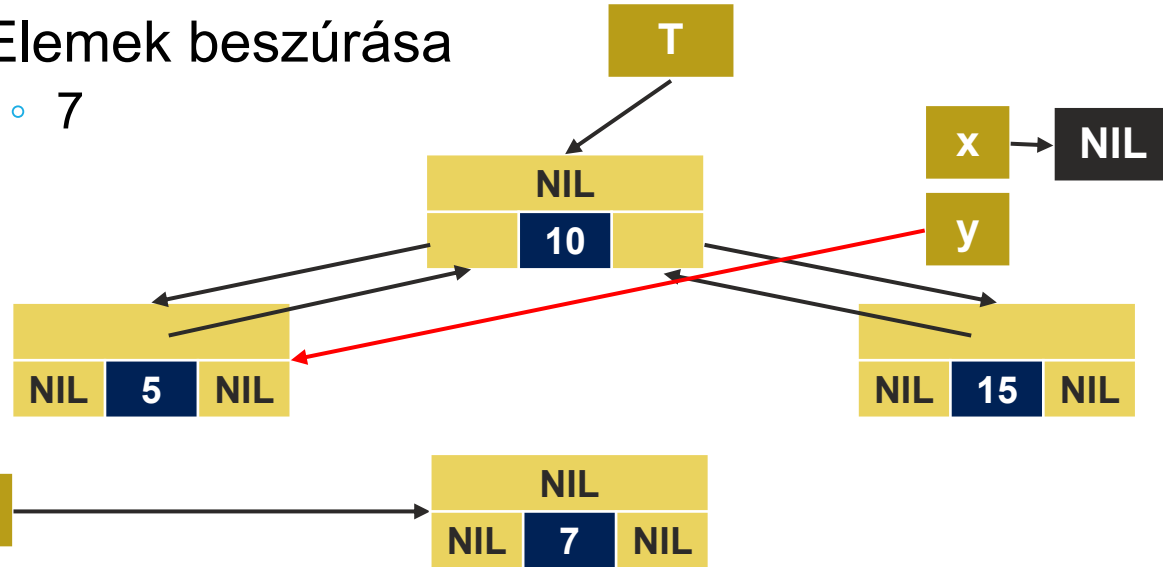
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

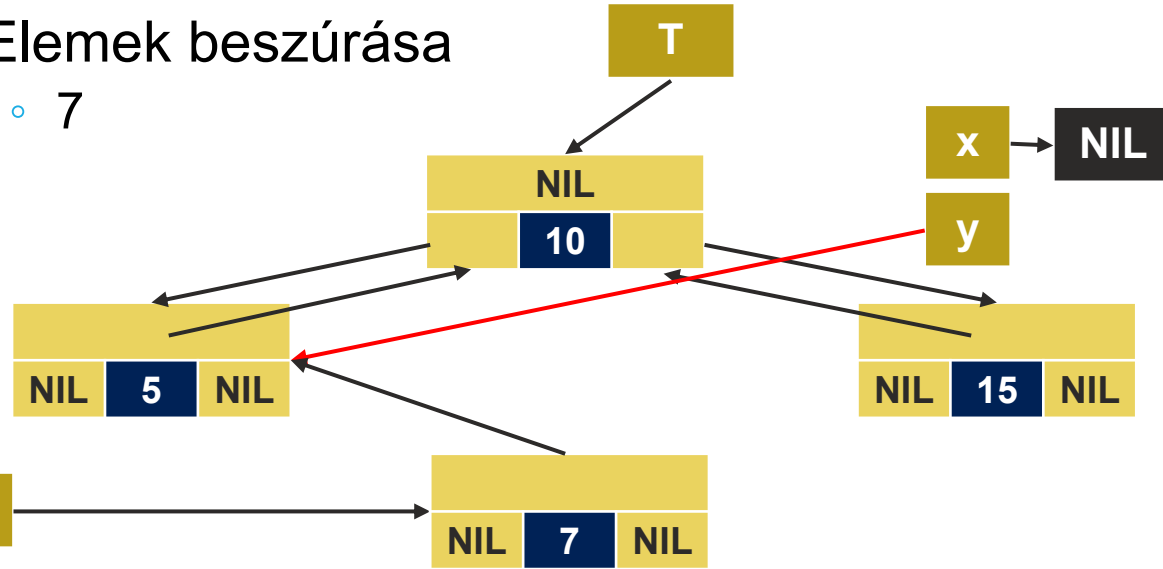
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

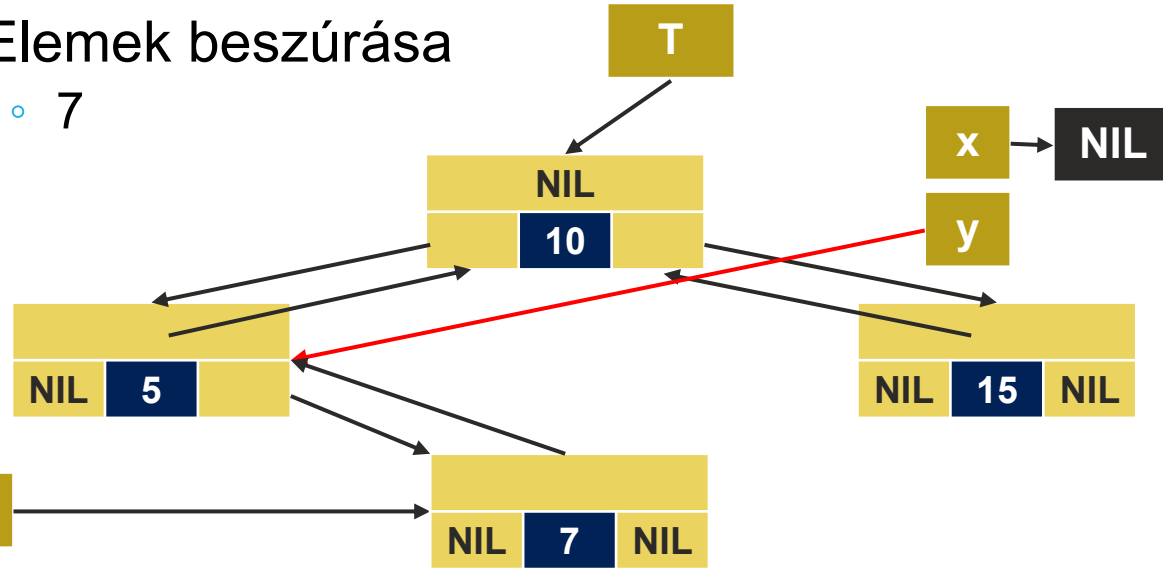
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 7



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

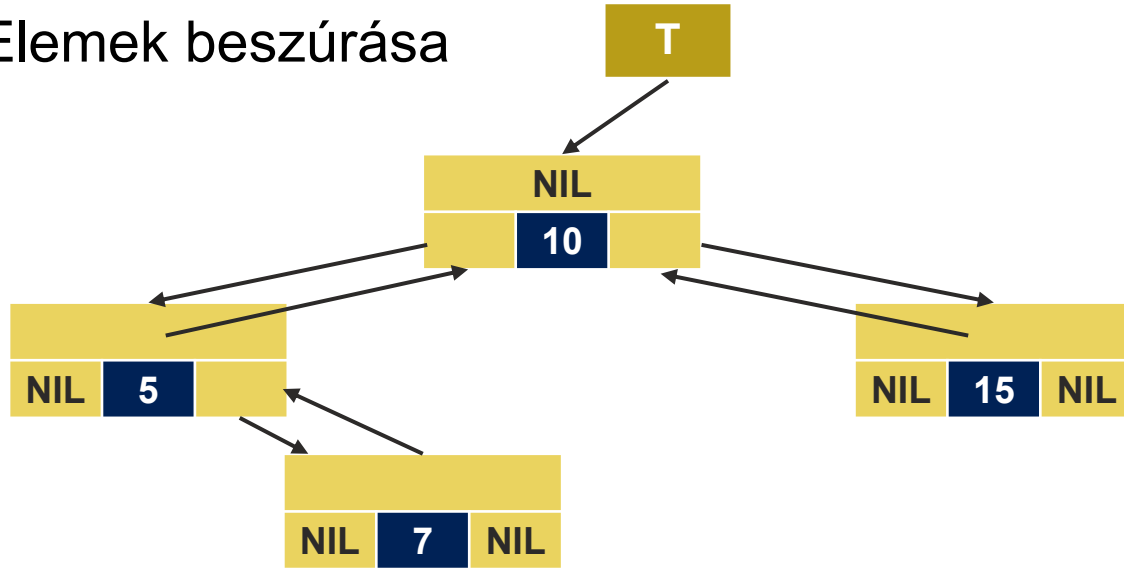
else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

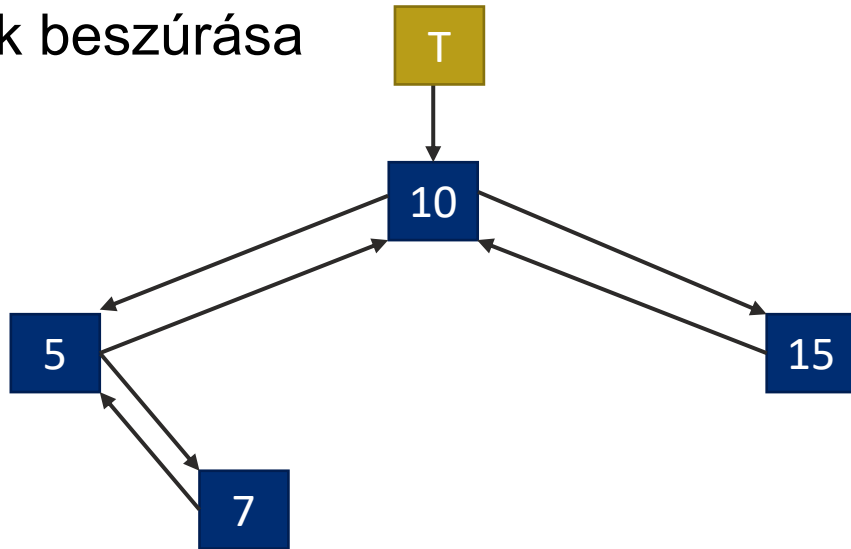
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

A továbbiakban a fa csomópontjainak részletei az animációban nem lesznek feltüntetve.

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



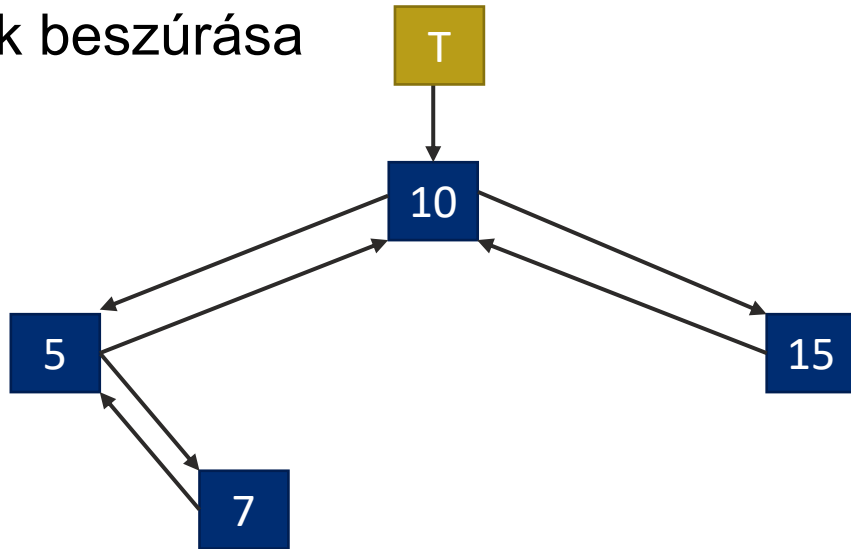
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



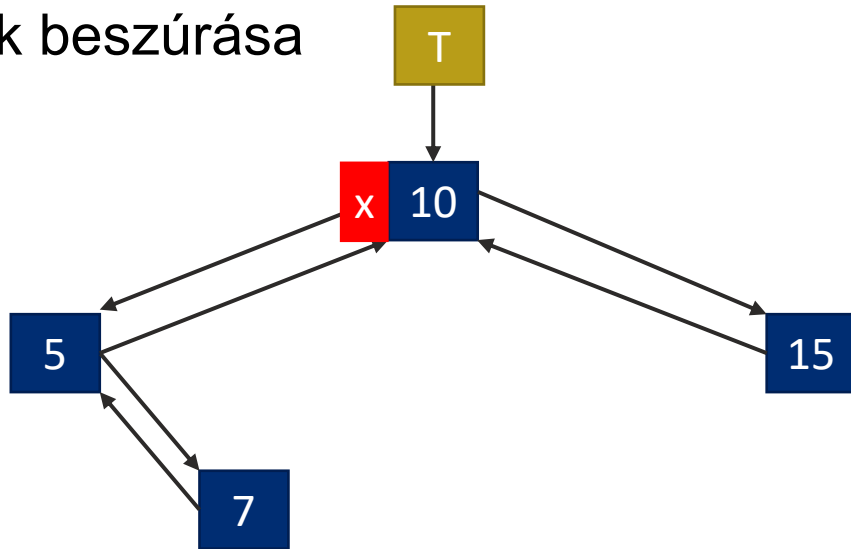
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



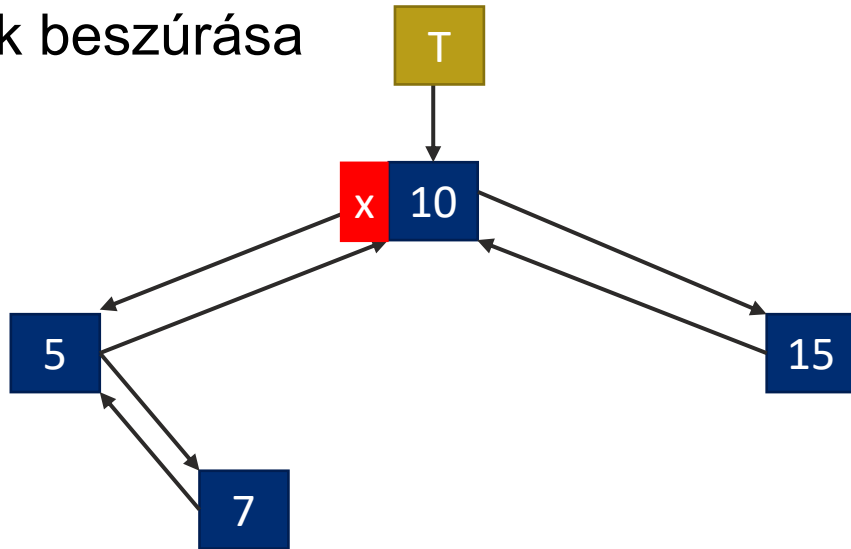
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```


Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



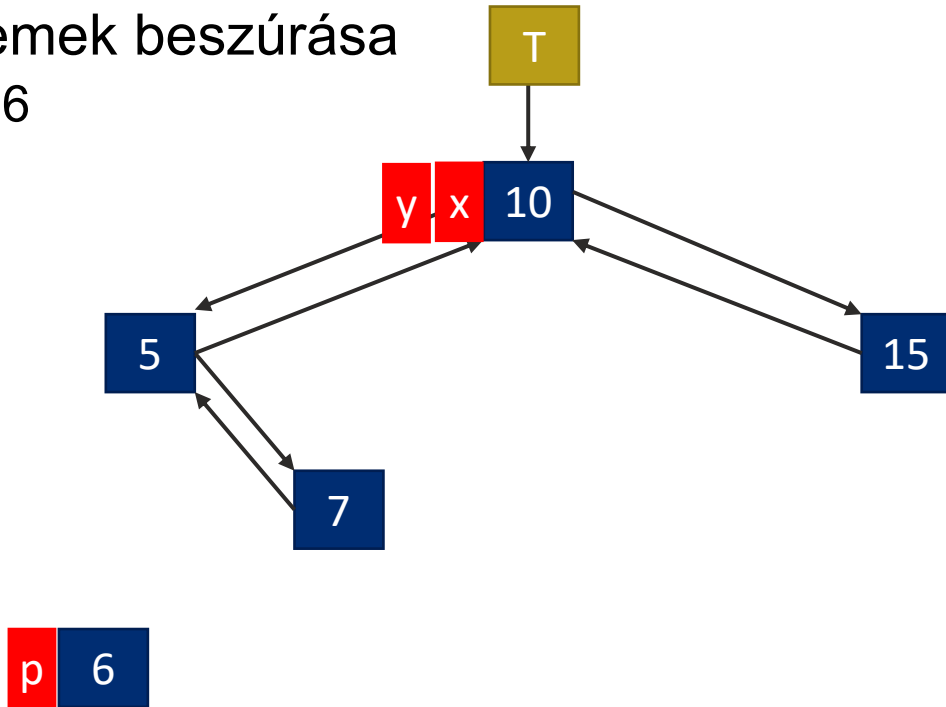
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



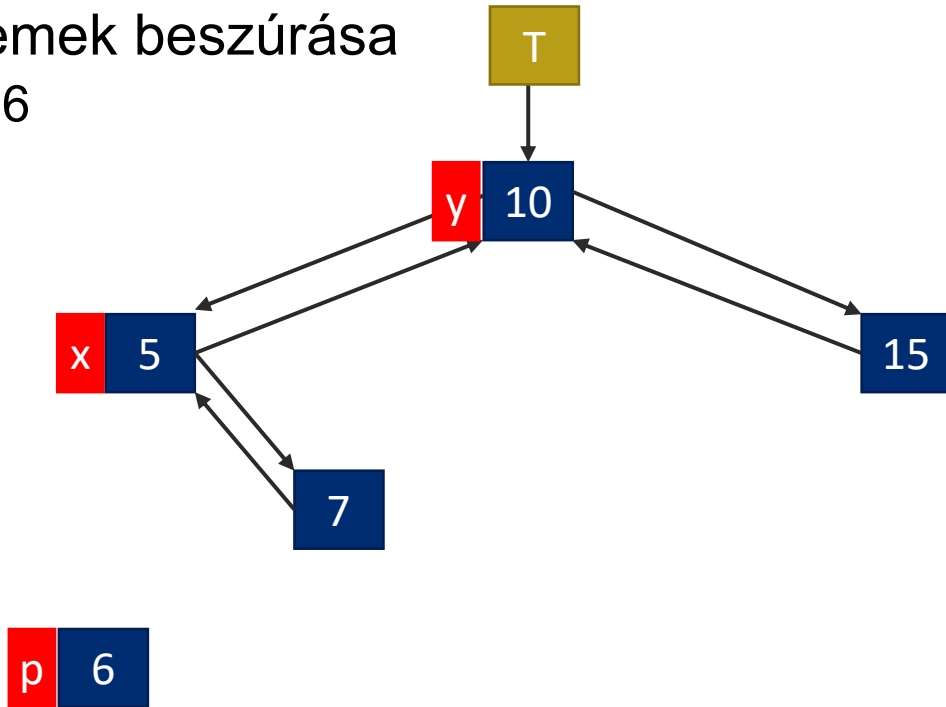
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



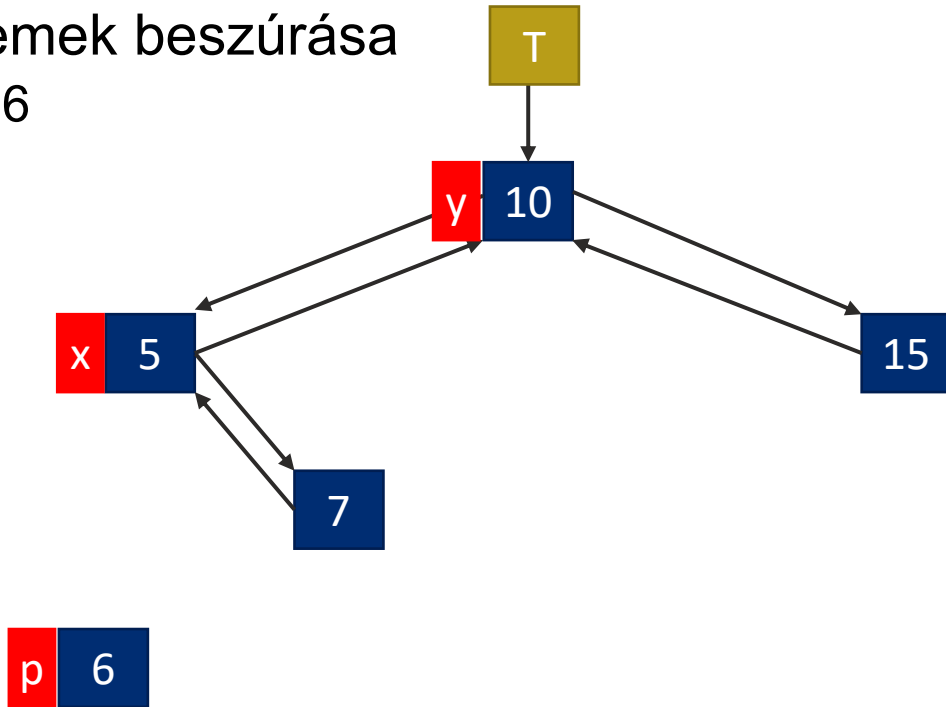
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



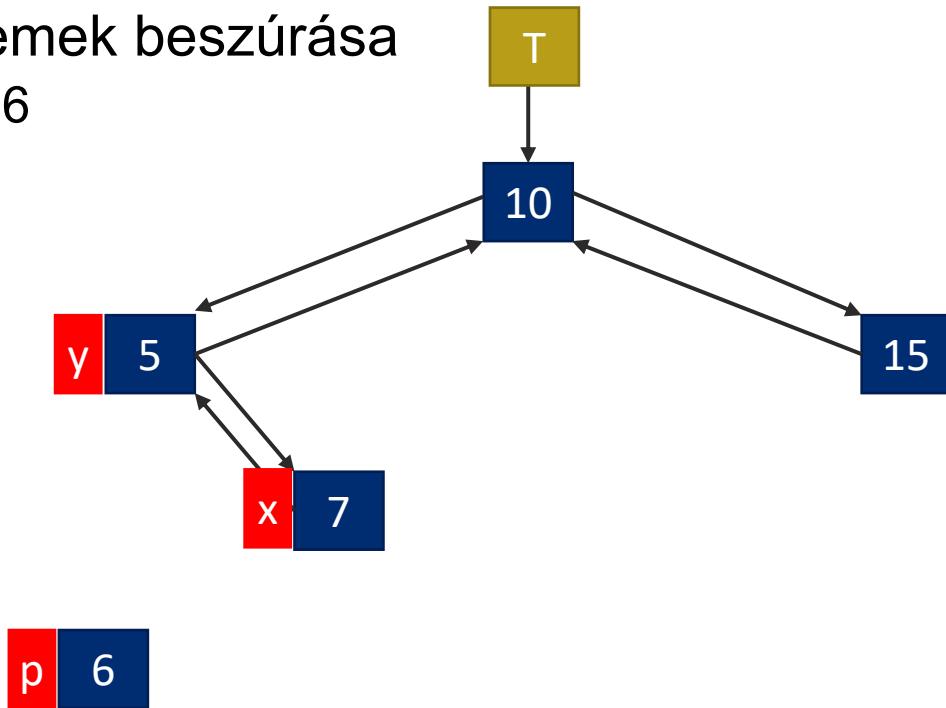
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



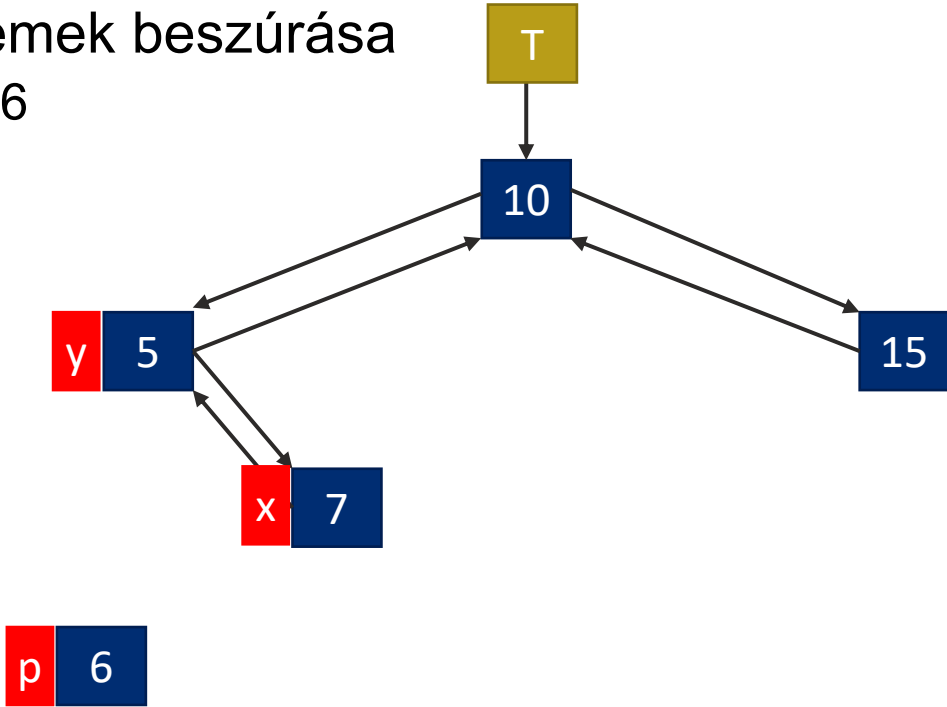
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T, p)

Elemek beszűrése

- 6



Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

```
while x ≠ NIL
```

do $y \leftarrow x$

```
if kulcs[p] < kulcs[x]
```

```
then  $x \leftarrow \text{bal}[x]$ 
```

```
else x ← jobb[x]
```

$$\text{szülő}[p] \leftarrow y$$

```
if y = NIL
```

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

```
else if kulcs[p] < kulcs[y]
```

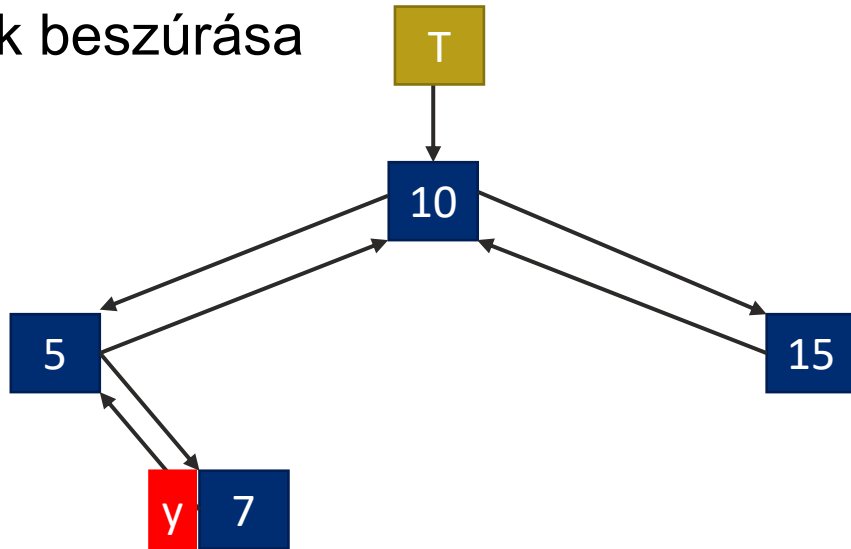
```
then bal[y]  $\leftarrow$  p
```

```
else jobb[y]  $\leftarrow$  p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



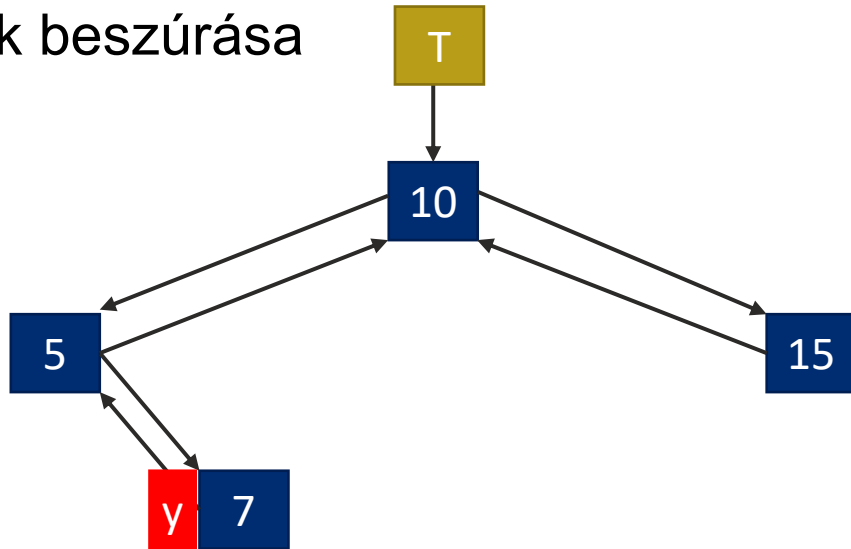
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



p 6

x

Fába-beszúr (T,p)

$y \leftarrow \text{NIL}; x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $x \neq \text{NIL}$

do $y \leftarrow x$

if $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[x]$

then $x \leftarrow \text{bal}[x]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

$\text{szülő}[p] \leftarrow y$

if $y = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow p$

else **if** $\text{kulcs}[p] < \text{kulcs}[y]$

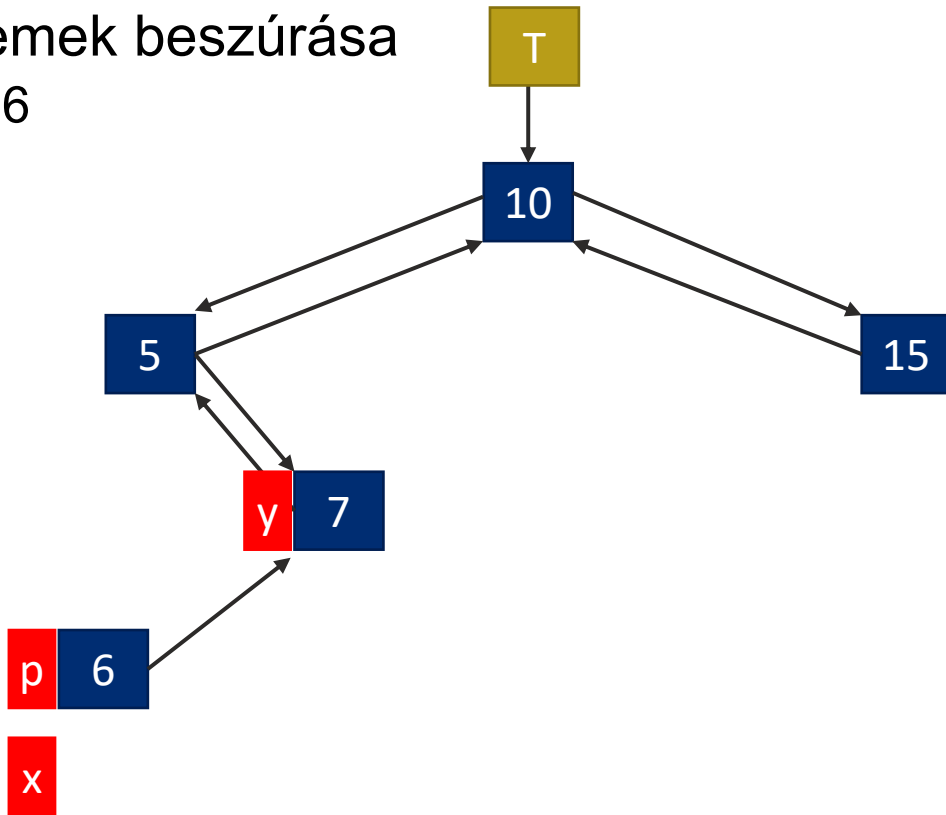
then $\text{bal}[y] \leftarrow p$

else $\text{jobb}[y] \leftarrow p$

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6



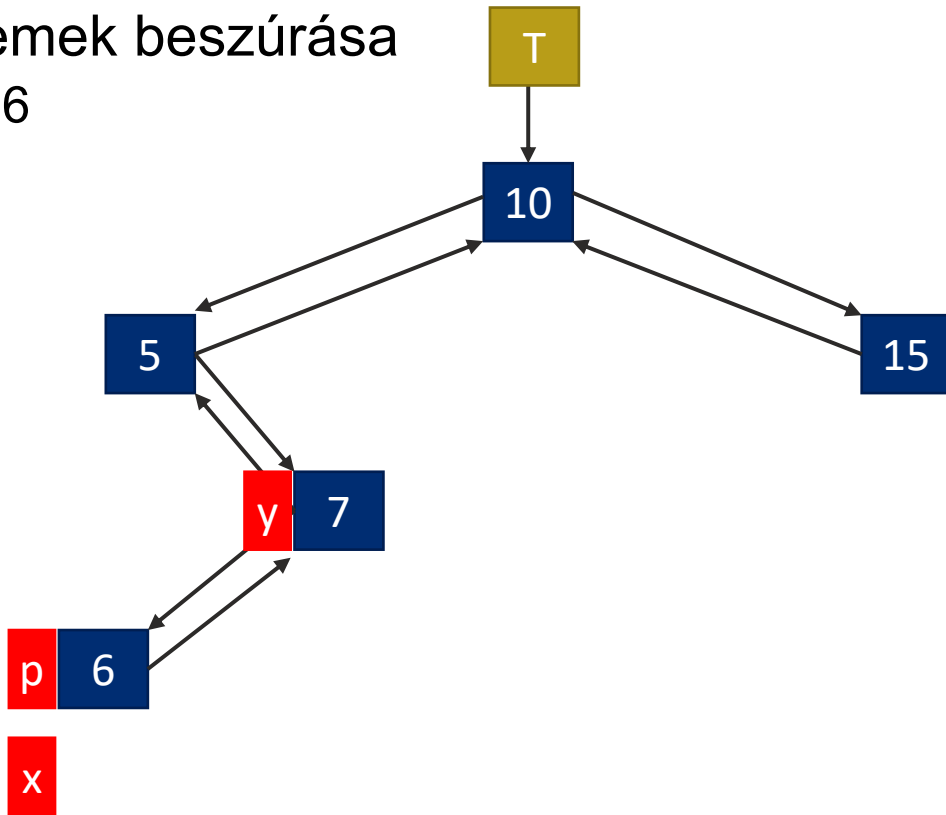
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása

- 6

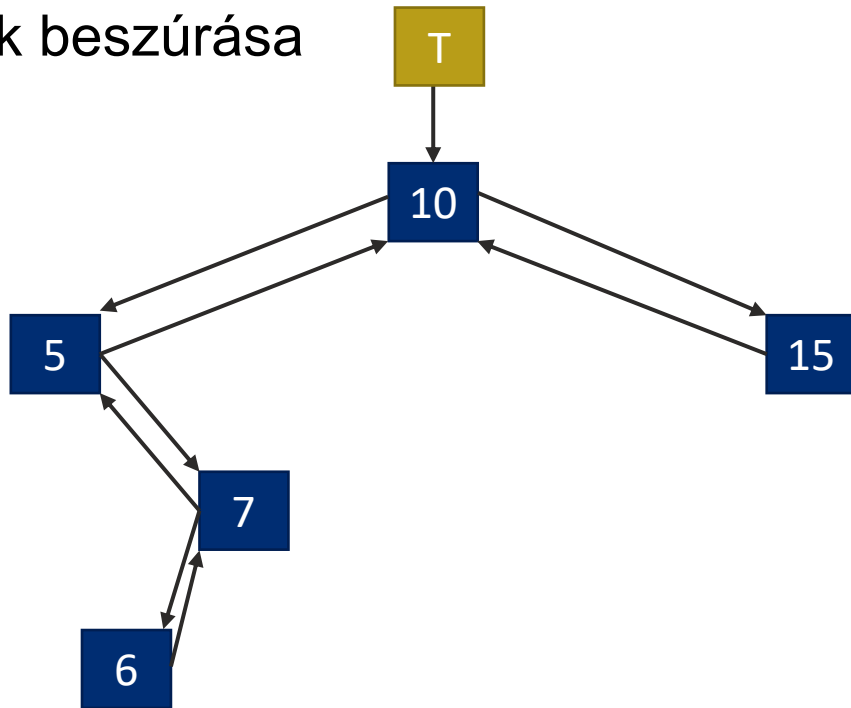


Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



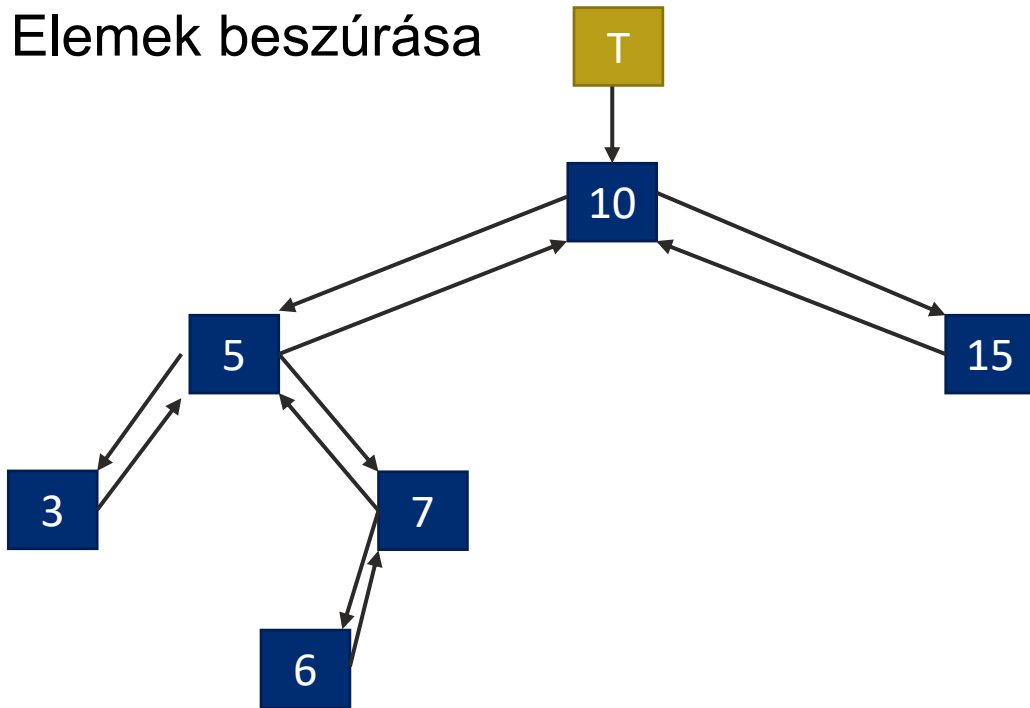
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 13

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



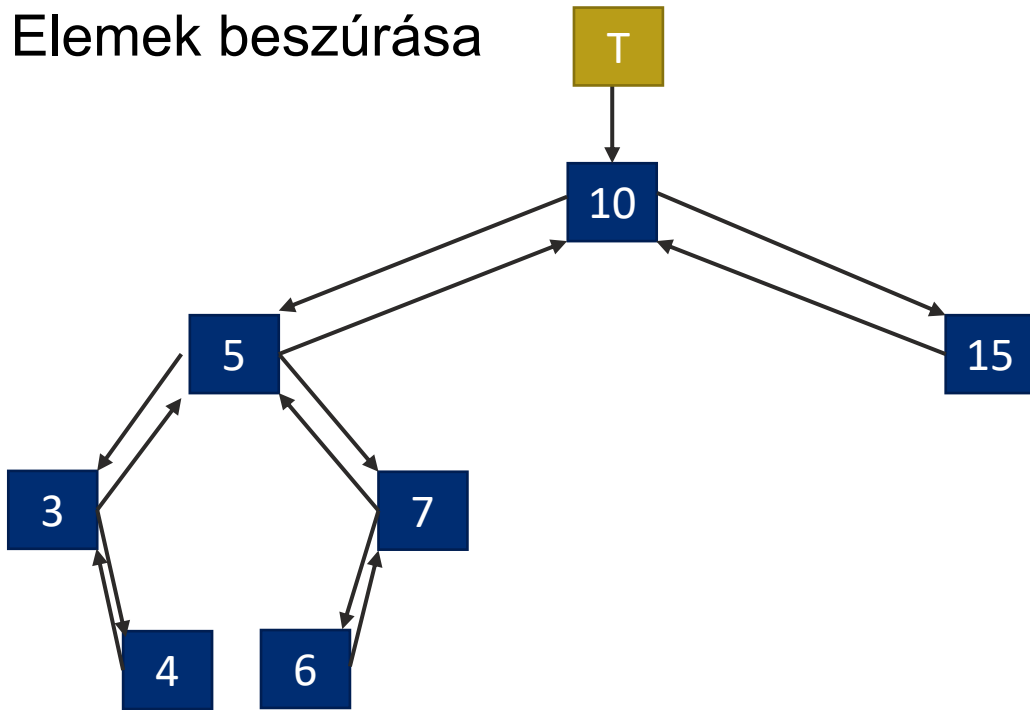
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 21

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



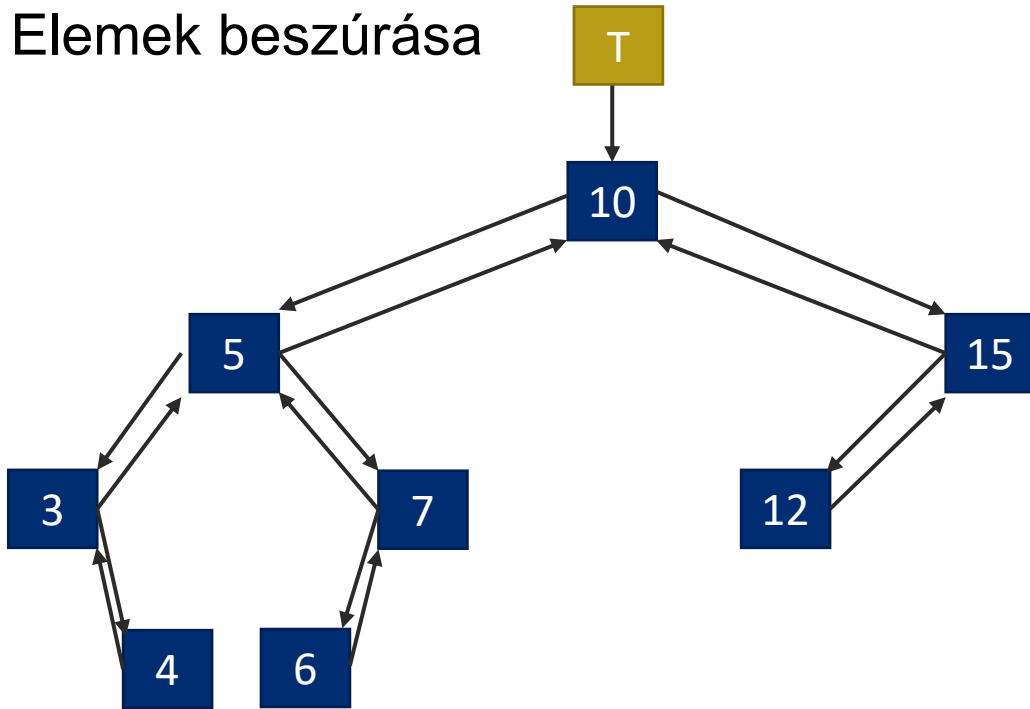
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 21

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



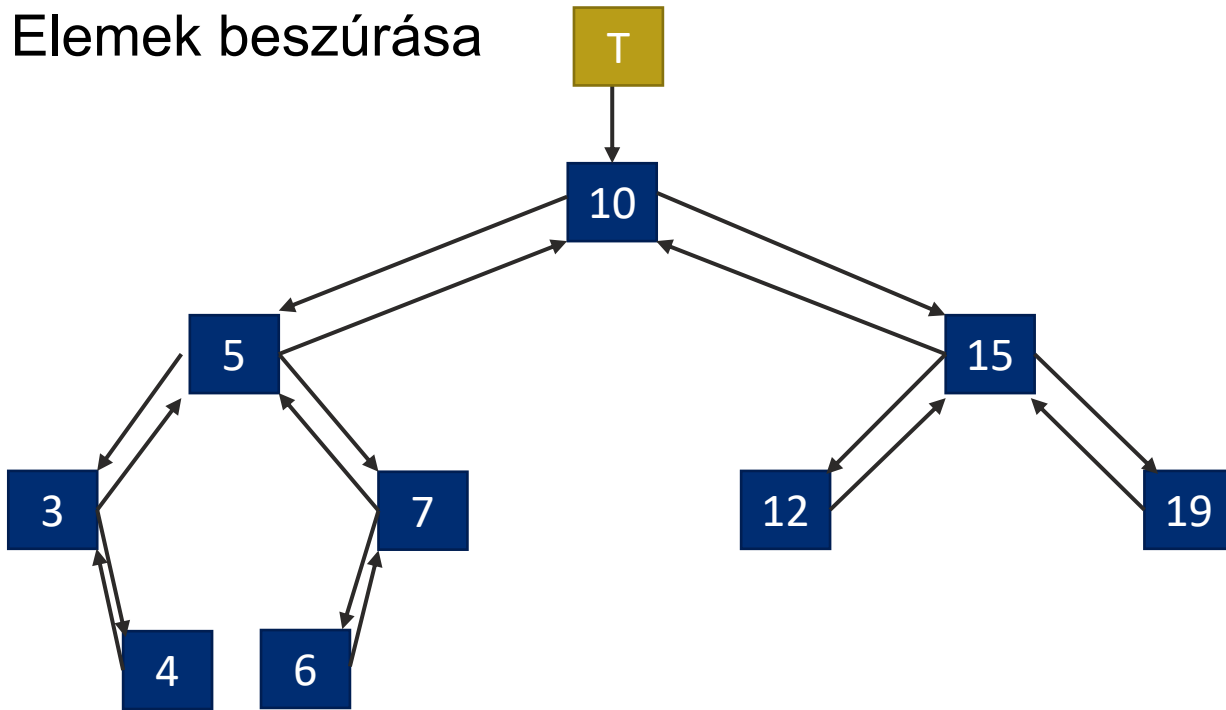
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
do y ← x
  if kulcs[p] < kulcs[x]
  then x ← bal[x]
  else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 21

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



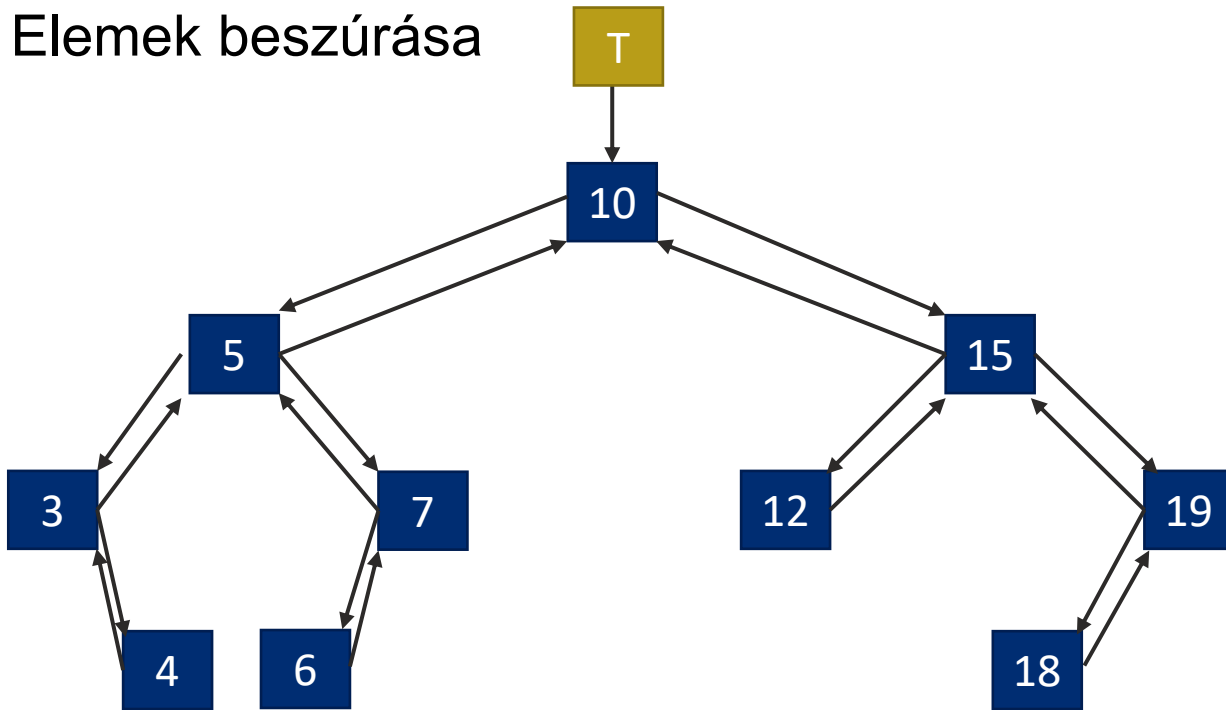
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
  do y ← x
    if kulcs[p] < kulcs[x]
      then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
  then gyökér[T] ← p
  else if kulcs[p] < kulcs[y]
    then bal[y] ← p
    else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 21

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



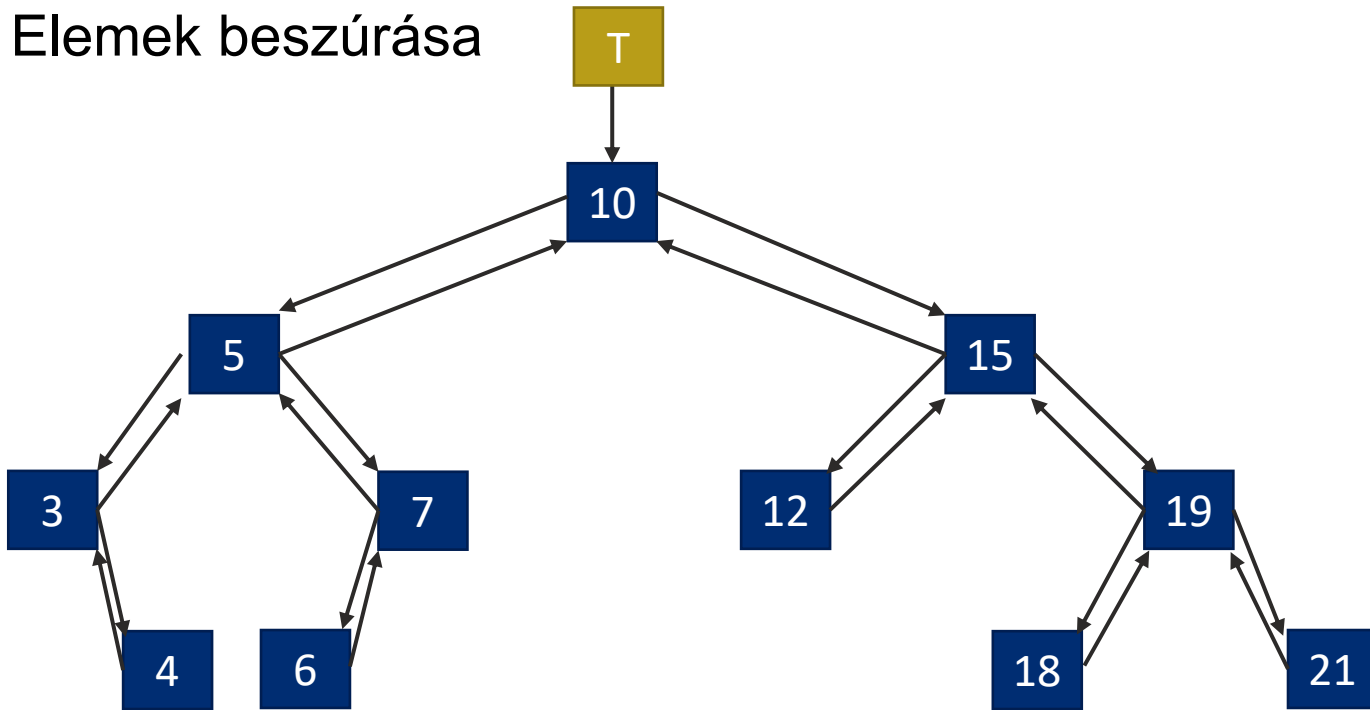
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
  do y ← x
    if kulcs[p] < kulcs[x]
      then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
  then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
  then bal[y] ← p
  else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 21

Bináris keresési fa – Fába-beszúr(T,p)

Elemek beszúrása



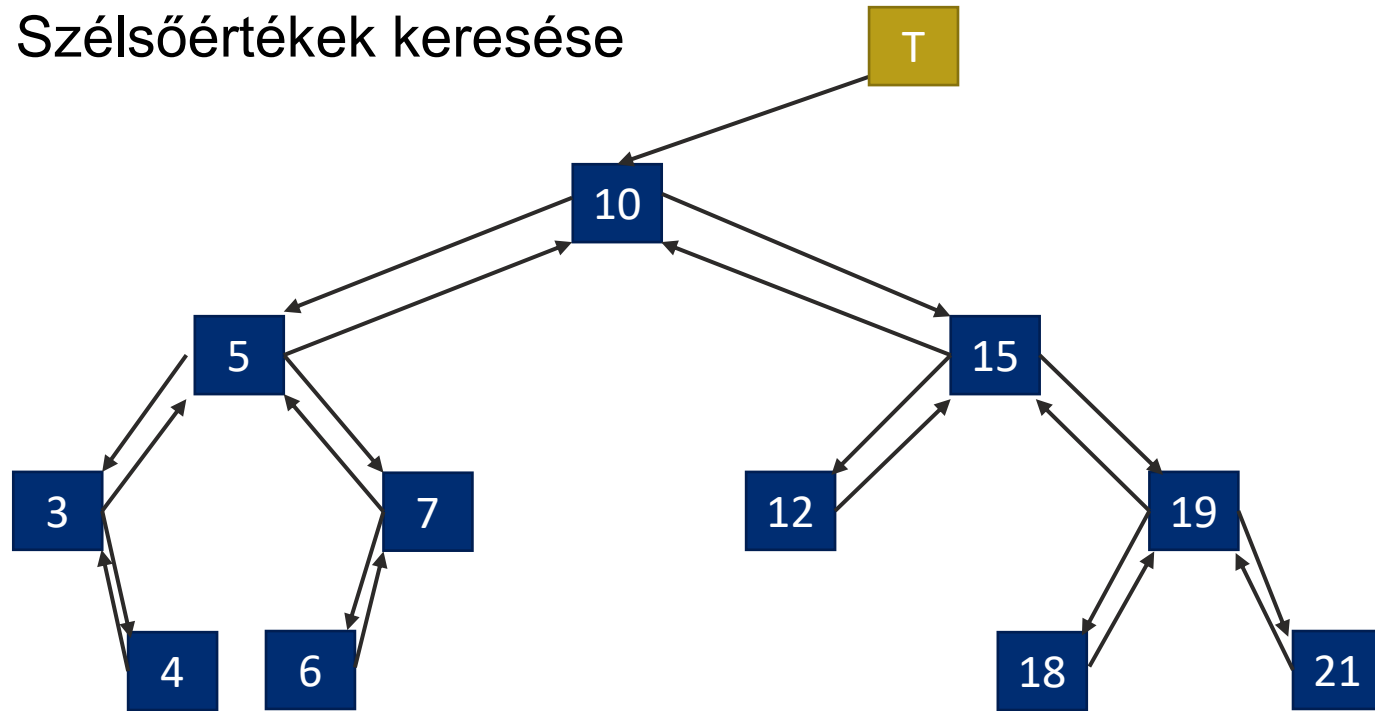
Fába-beszúr (T,p)

```
y ← NIL; x ← gyökér[T]
while x ≠ NIL
  do y ← x
    if kulcs[p] < kulcs[x]
      then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
szülő[p] ← y
if y = NIL
  then gyökér[T] ← p
else if kulcs[p] < kulcs[y]
  then bal[y] ← p
else jobb[y] ← p
```

Ugyanezzel az algoritmussal még beszúrjuk: 3, 4, 12, 19, 18, 21

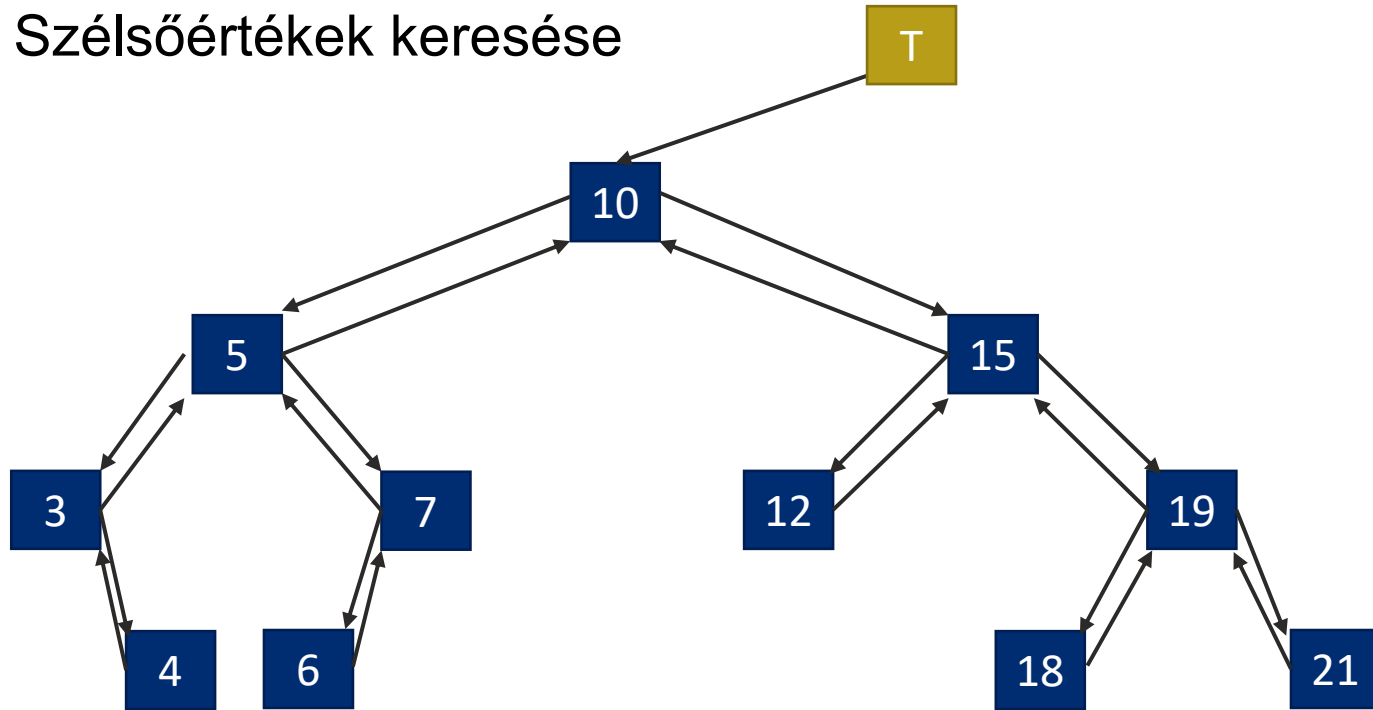
Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

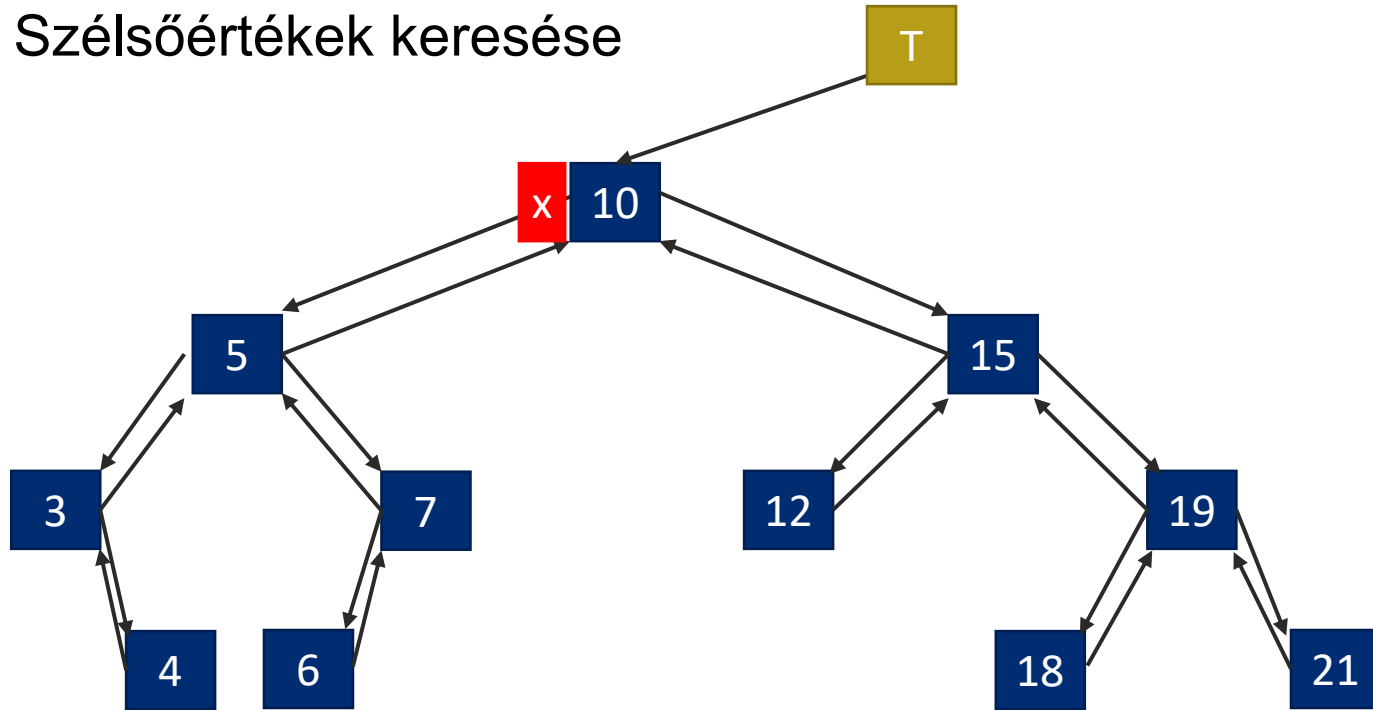
```
x ← gyökér[T]  
while bal[x] ≠ NIL  
do x ← bal[x]  
return x
```

Fában-maximum (T)

```
x ← gyökér[T]  
while jobb[x] ≠ NIL  
do x ← jobb[x]  
return x
```

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $\text{bal}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{bal}[x]$

return x

Fában-maximum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

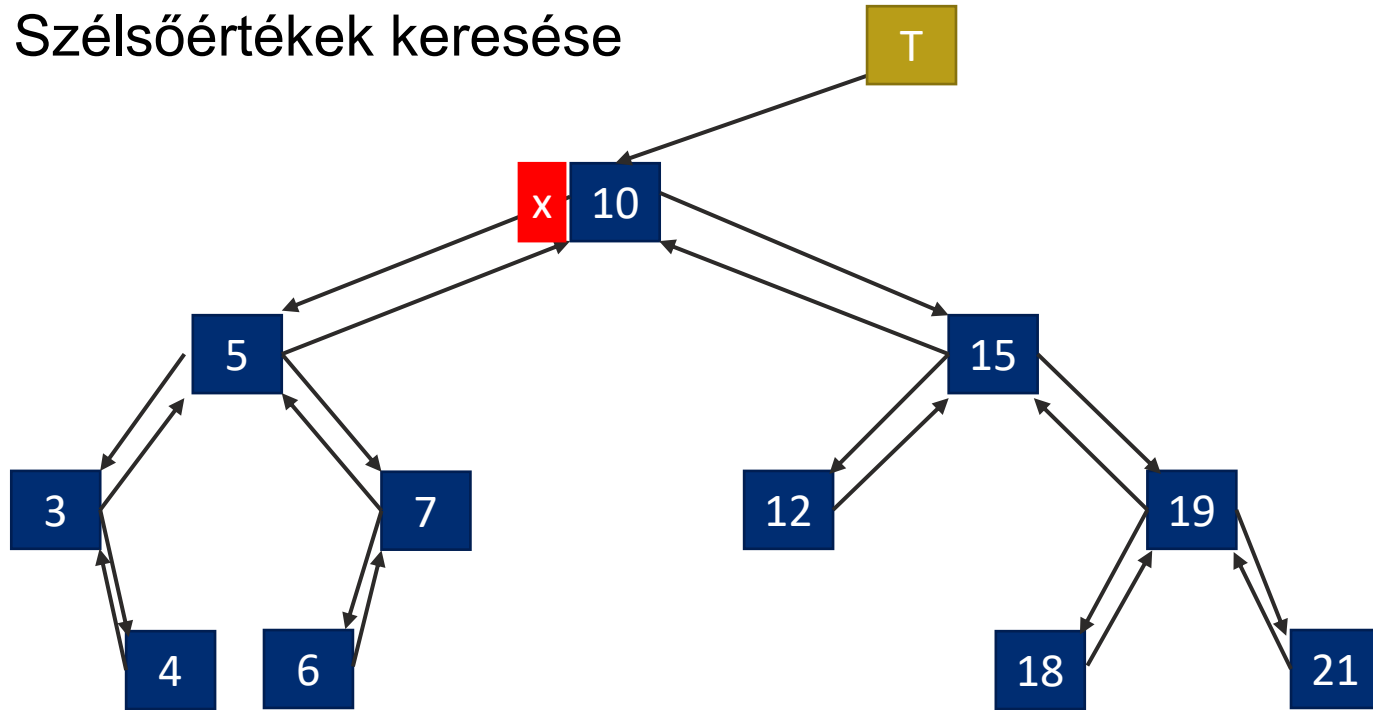
while $\text{jobb}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

return x

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $\text{bal}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{bal}[x]$

return x

Fában-maximum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

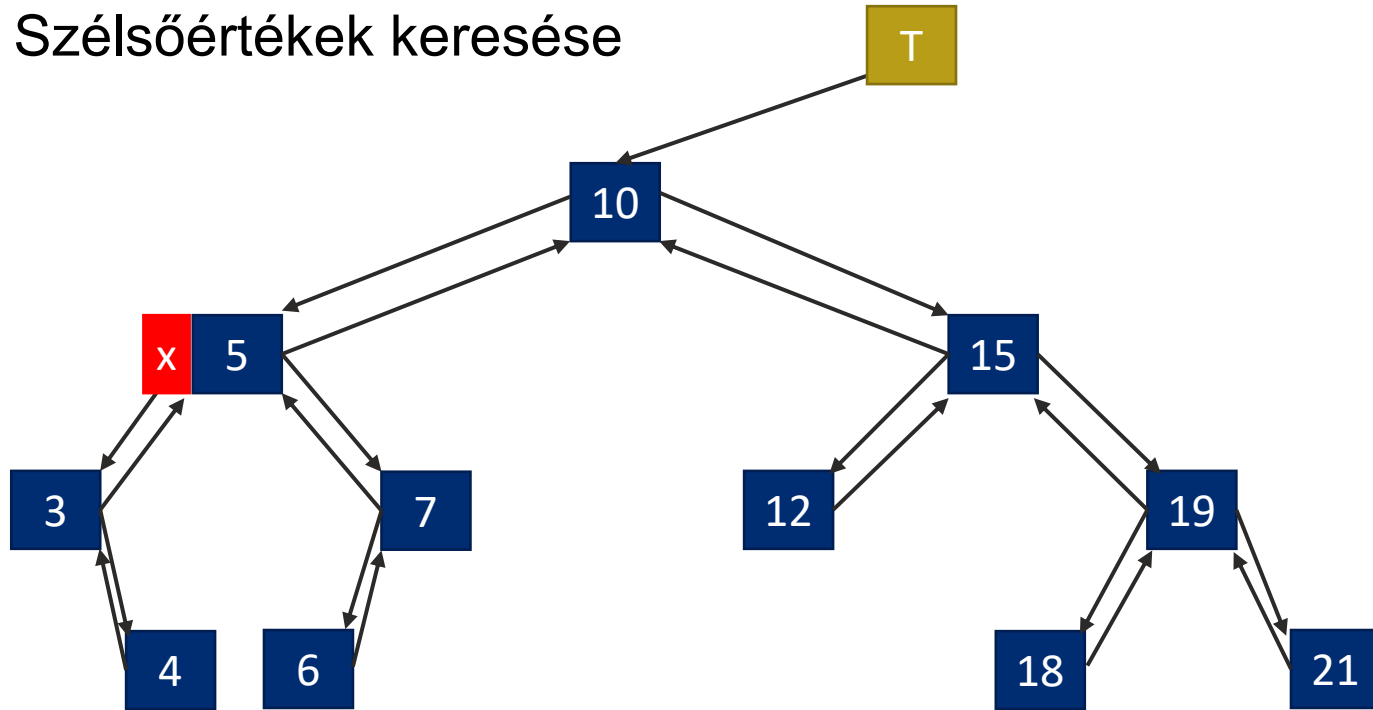
while $\text{jobb}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

return x

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

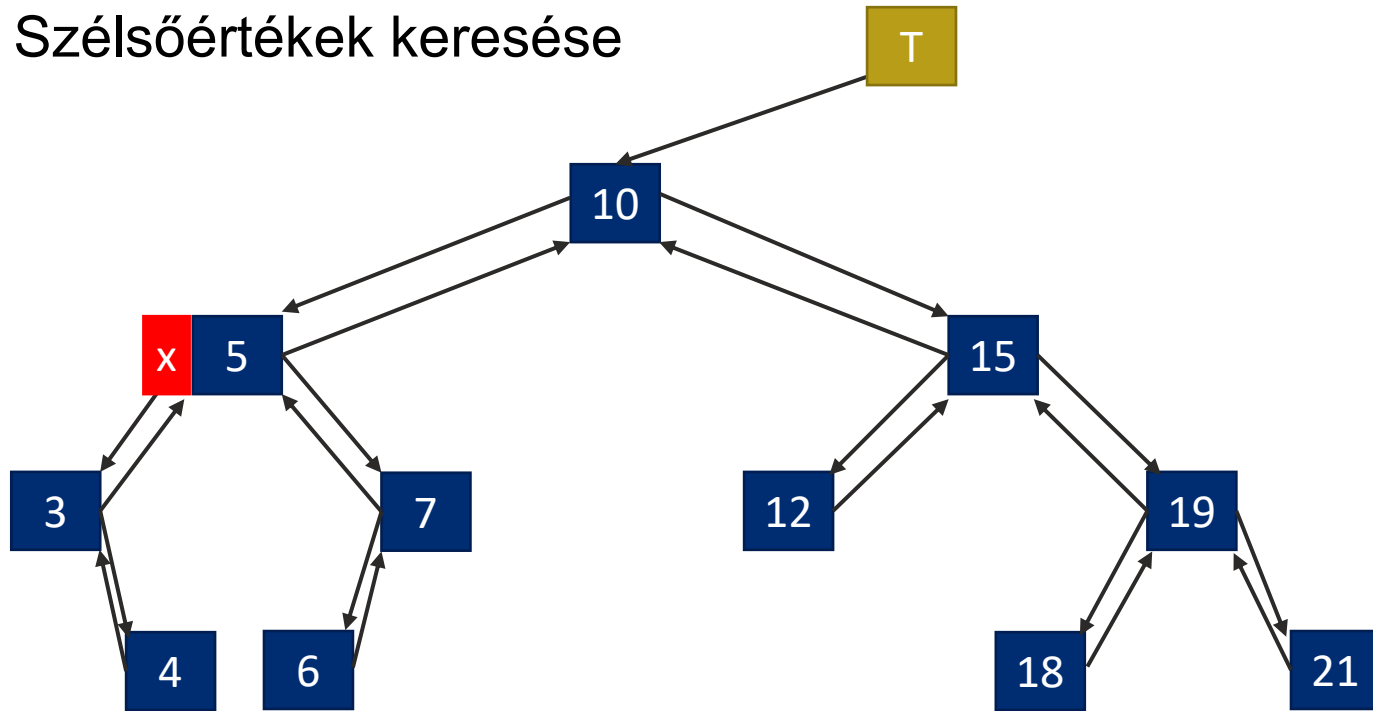
```
x ← gyökér[T]  
while bal[x] ≠ NIL  
do x ← bal[x]  
return x
```

Fában-maximum (T)

```
x ← gyökér[T]  
while jobb[x] ≠ NIL  
do x ← jobb[x]  
return x
```

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $\text{bal}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{bal}[x]$

return x

Fában-maximum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

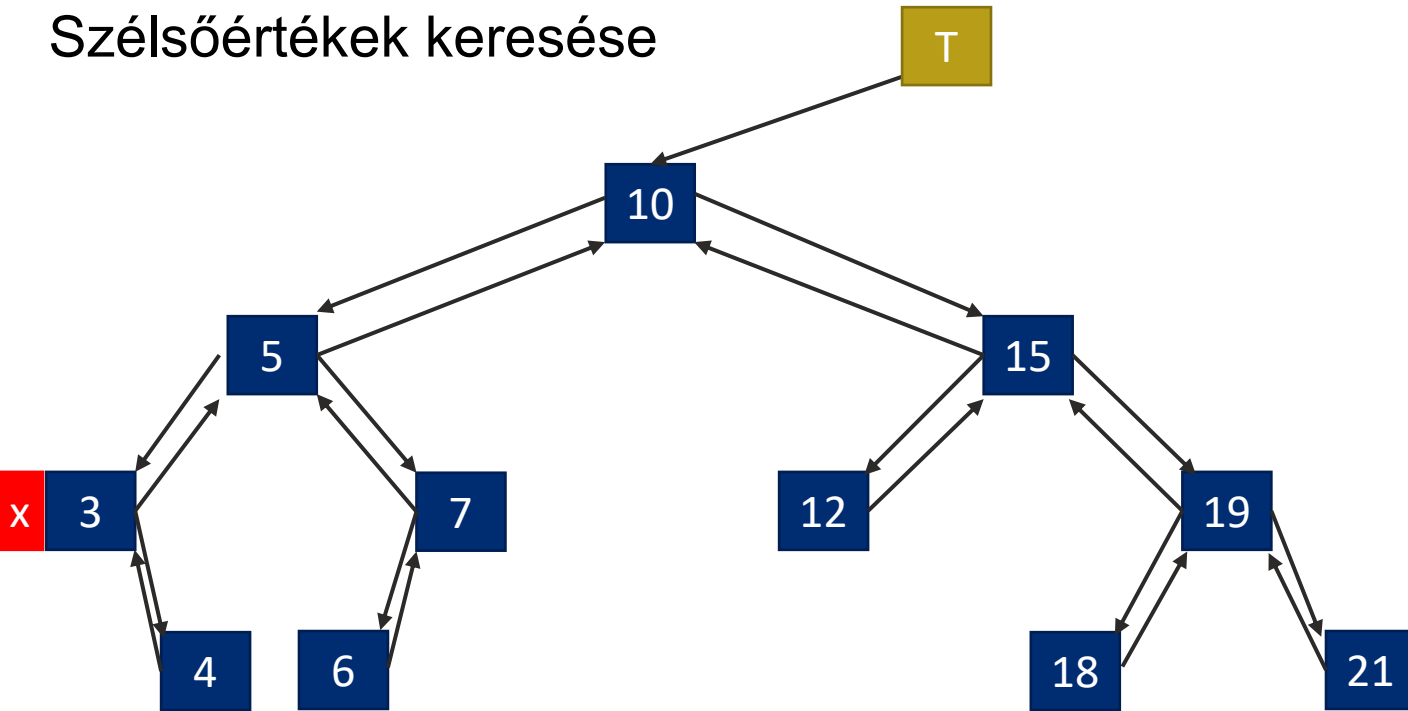
while $\text{jobb}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

return x

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

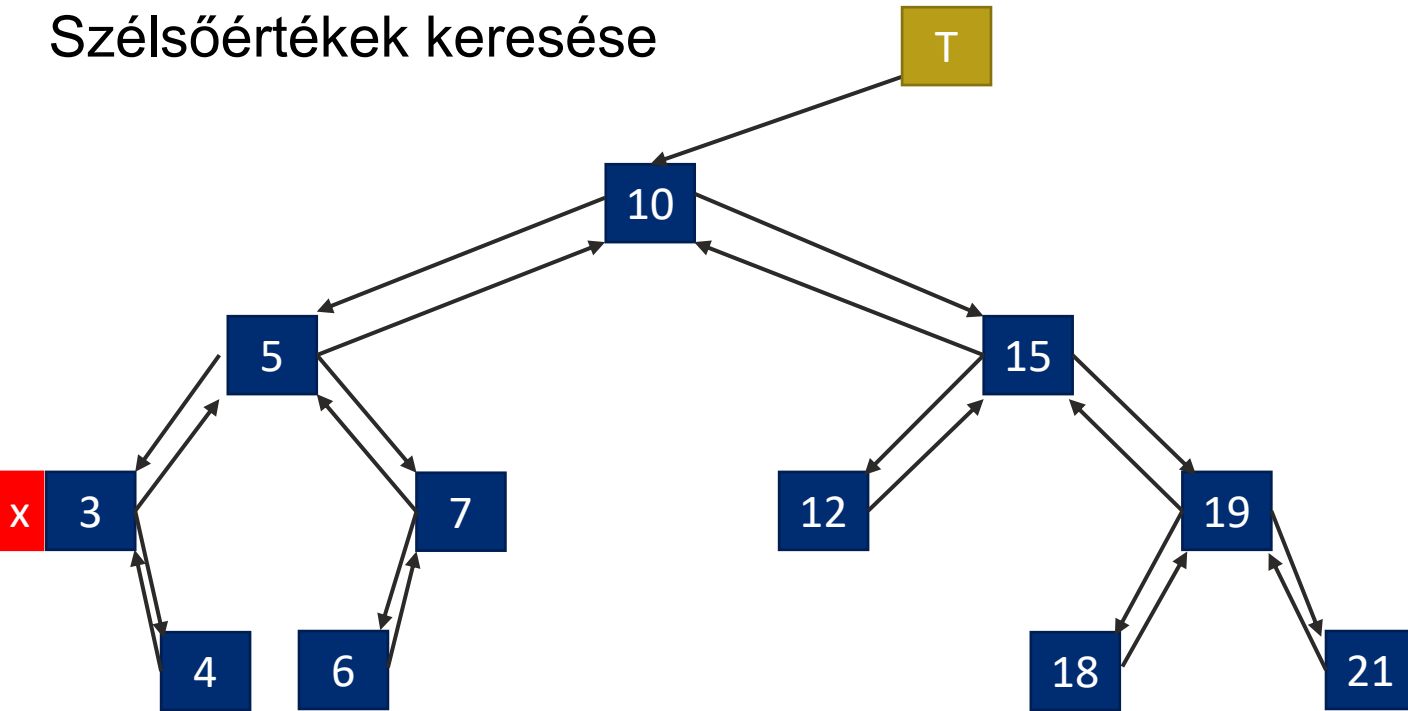
```
x ← gyökér[T]  
while bal[x] ≠ NIL  
do x ← bal[x]  
return x
```

Fában-maximum (T)

```
x ← gyökér[T]  
while jobb[x] ≠ NIL  
do x ← jobb[x]  
return x
```


Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

while $\text{bal}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{bal}[x]$

return x

Fában-maximum (T)

$x \leftarrow \text{gyökér}[T]$

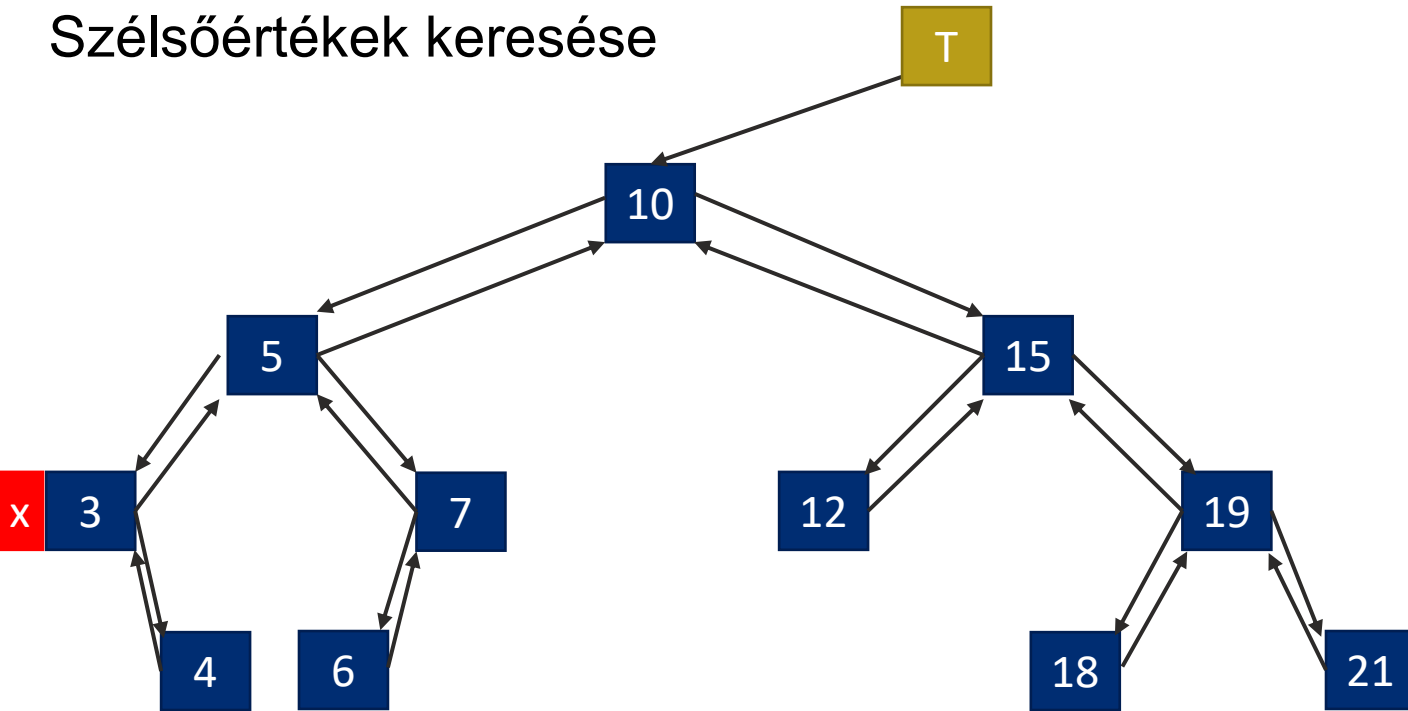
while $\text{jobb}[x] \neq \text{NIL}$

do $x \leftarrow \text{jobb}[x]$

return x

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

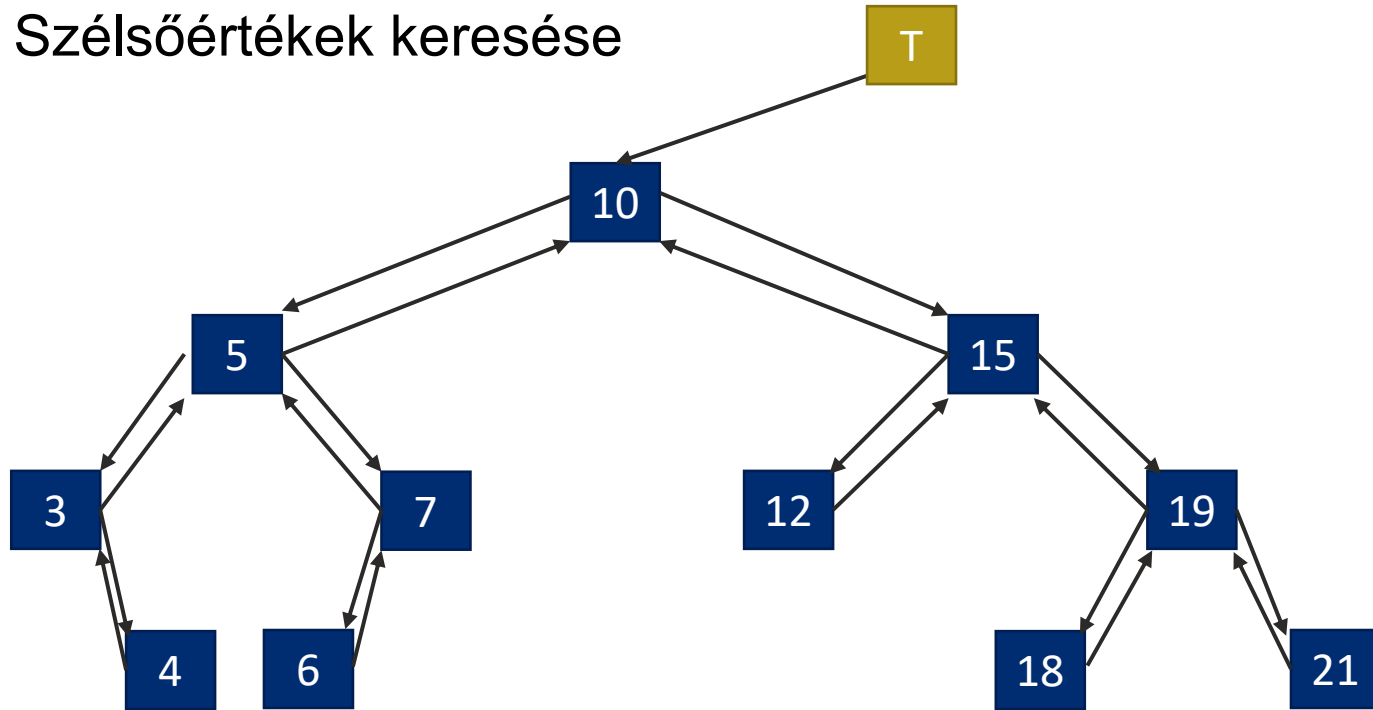
```
x ← gyökér[T]  
while bal[x] ≠ NIL  
do x ← bal[x]  
return x
```

Fában-maximum (T)

```
x ← gyökér[T]  
while jobb[x] ≠ NIL  
do x ← jobb[x]  
return x
```

Bináris keresési fa – Szélsőértékek

Szélsőértékek keresése



Fában-minimum (T)

```
x ← gyökér[T]  
while bal[x] ≠ NIL  
do x ← bal[x]  
return x
```

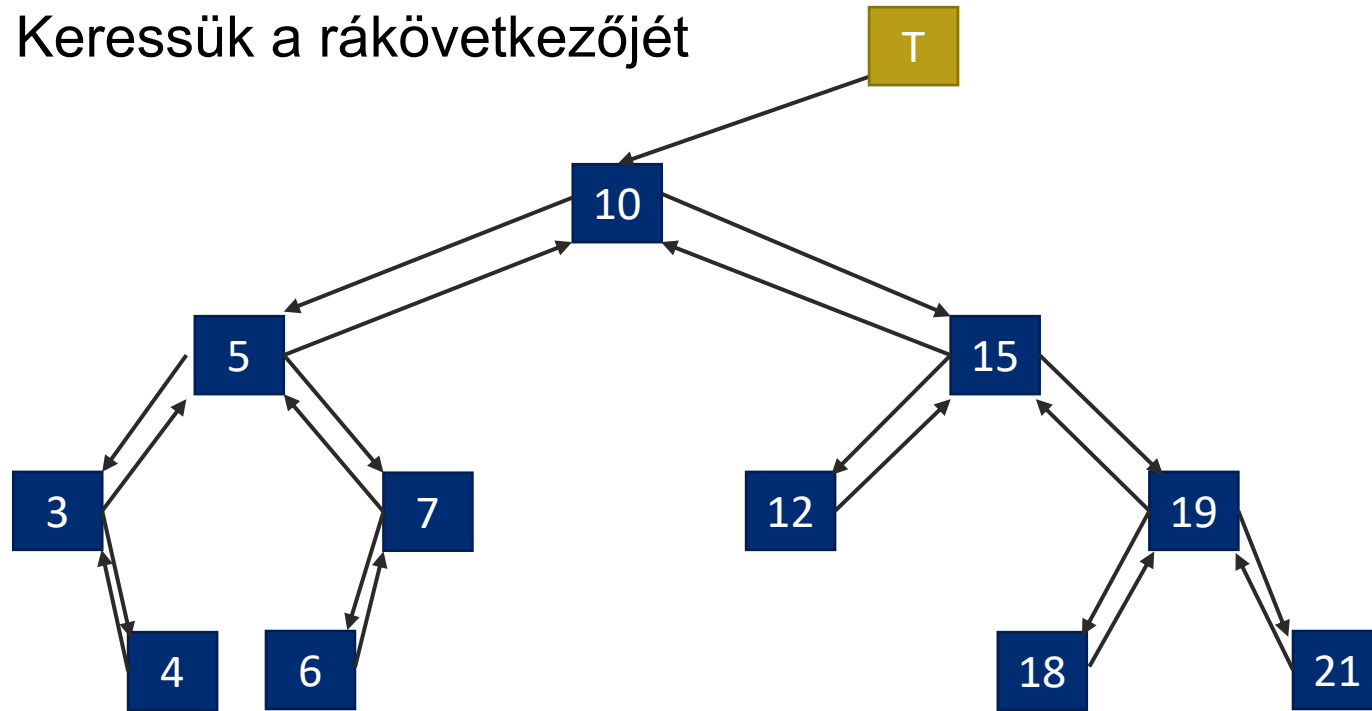
Fában-maximum (T)

```
x ← gyökér[T]  
while jobb[x] ≠ NIL  
do x ← jobb[x]  
return x
```

Maximum keresése analóg módon történik.

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

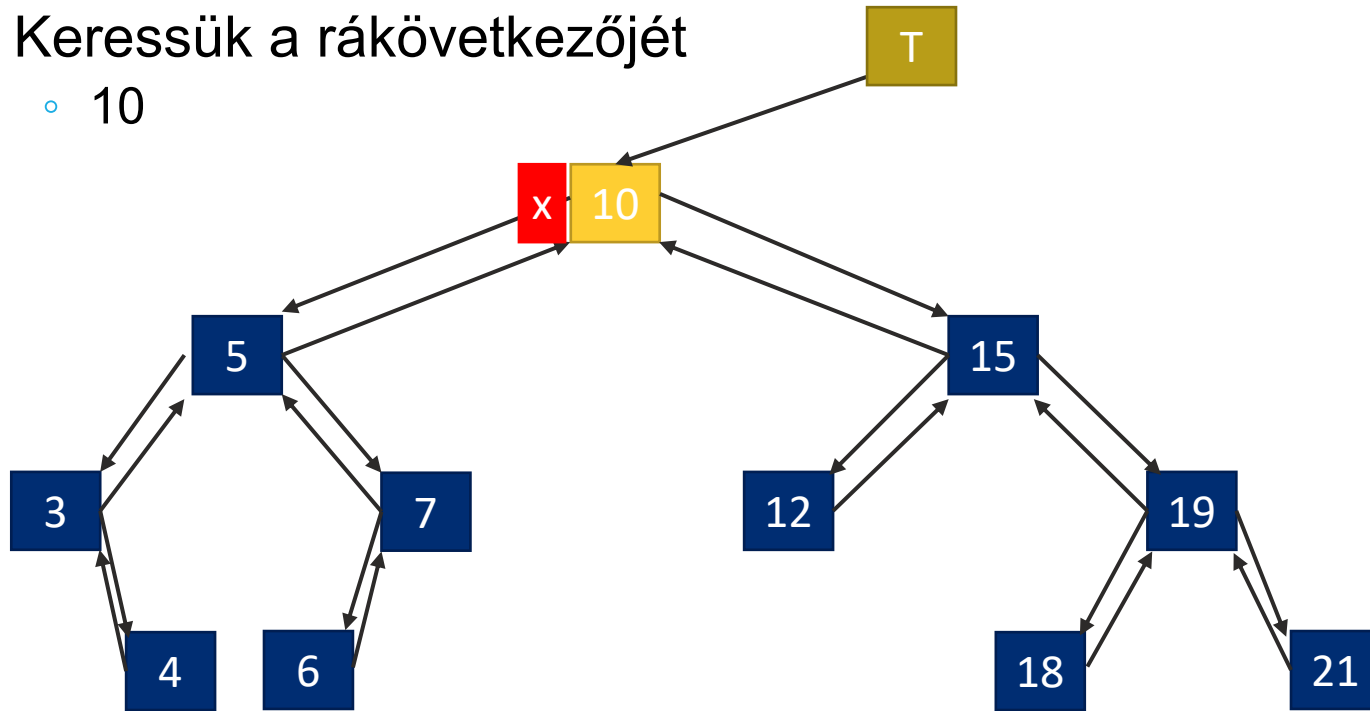
Keressük a rákövetkezőjét



Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

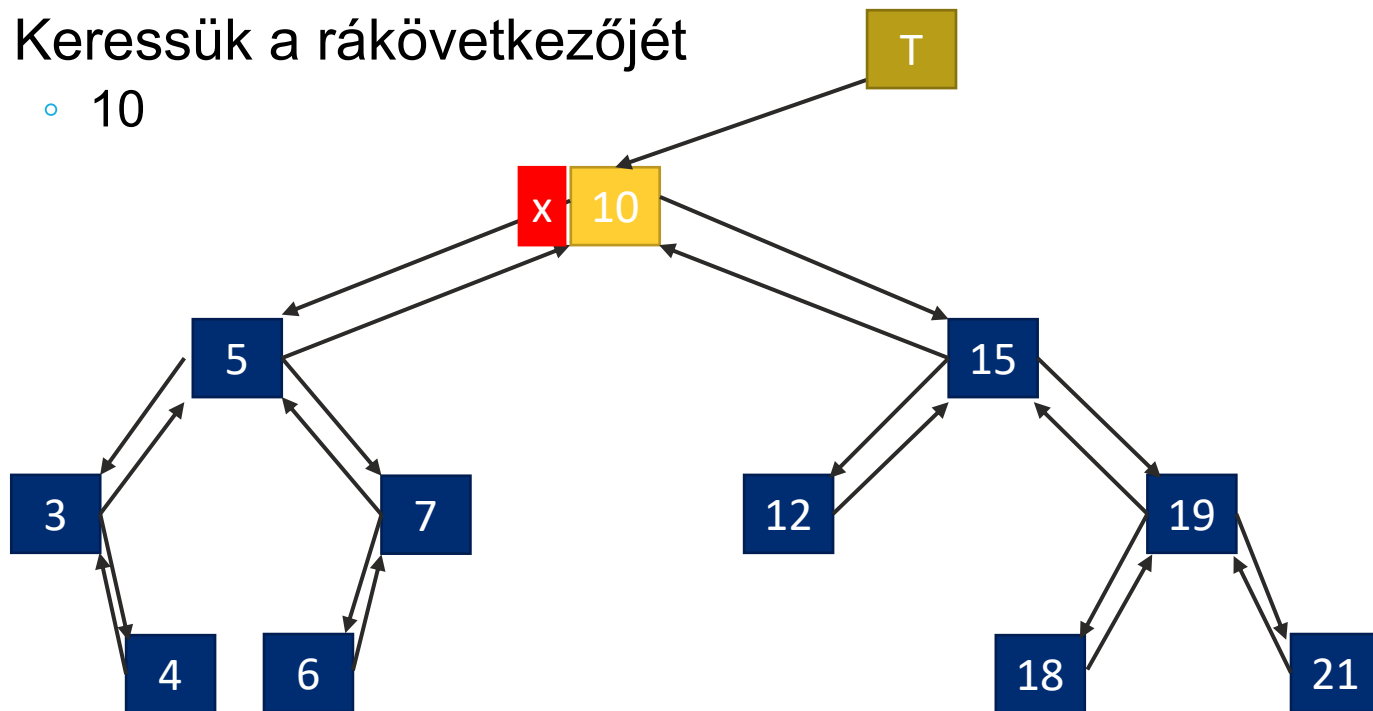
- 10



```
Fában-következő(T, x)
if jobb[x] ≠ NIL
    then return Fában-minimum (jobb[x])
y ← szülő[x]
while y ≠ NIL és x = jobb[y] do
    x ← y
    y ← szülő[x]
return y
```

Keressük a rákövetkezőjét

- 10



Fában-következő(T, x)

if jobb[x] \neq NIL

then return Fában-minimum (jobb[x])

y \leftarrow szülő[x]

while y \neq NIL és x = jobb[y] do

x \leftarrow y

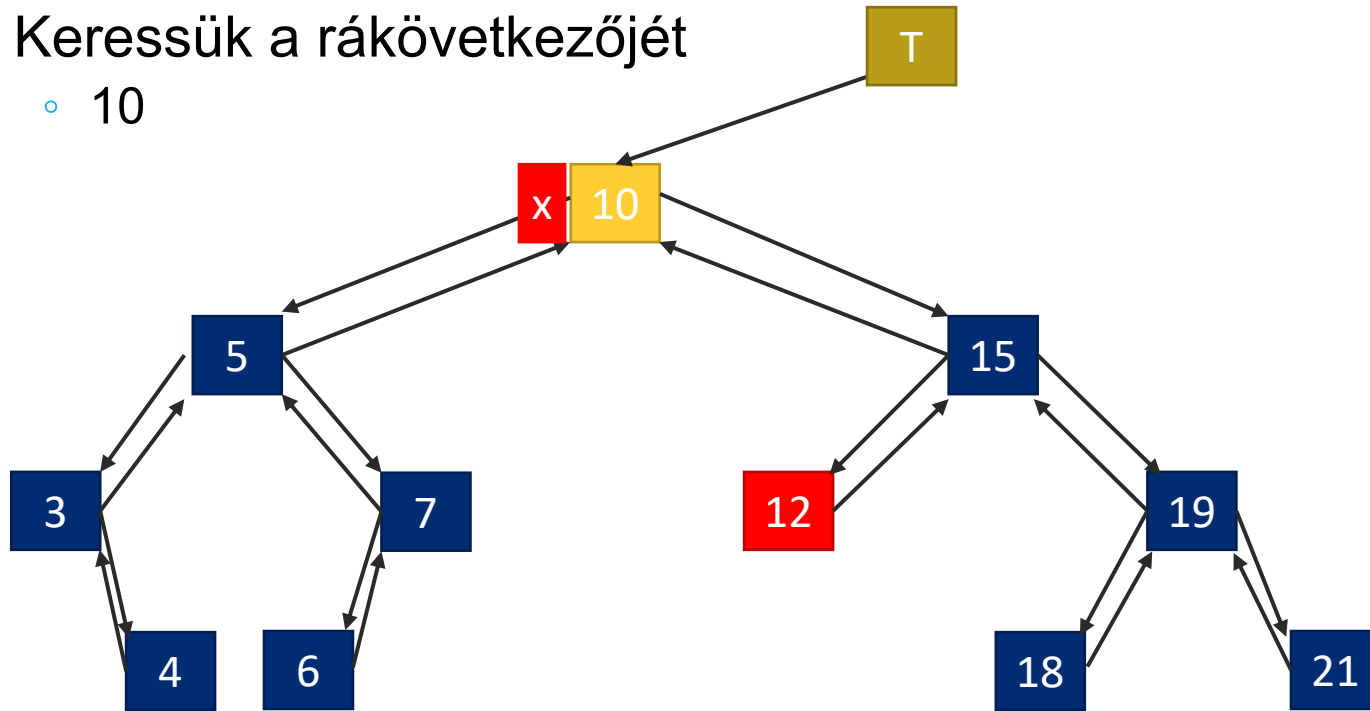
y \leftarrow szülő[x]

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 10



Fában-következő(T, x)

```
if jobb[x]  $\neq$  NIL  
then return Fában-minimum (jobb[x])
```

```
y  $\leftarrow$  szülő[x]
```

```
while y  $\neq$  NIL és x = jobb[y] do
```

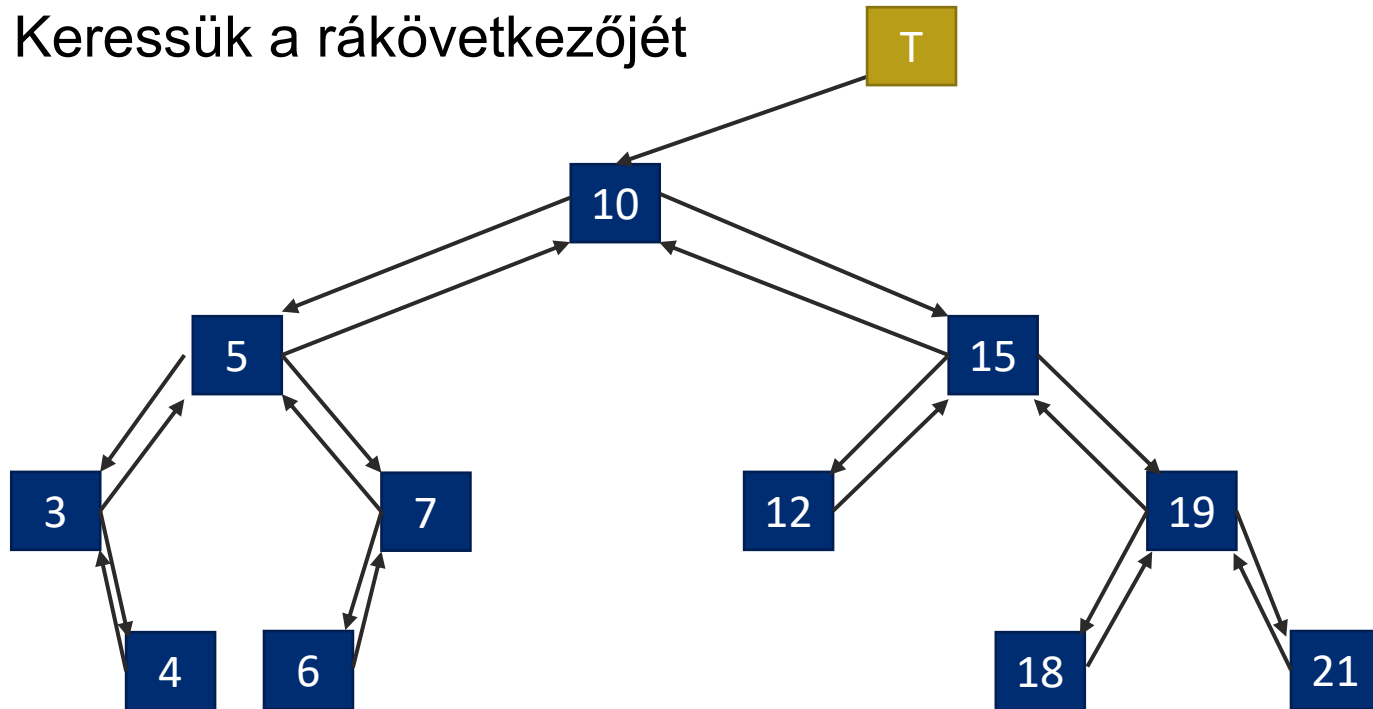
```
  x  $\leftarrow$  y
```

```
  y  $\leftarrow$  szülő[x]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

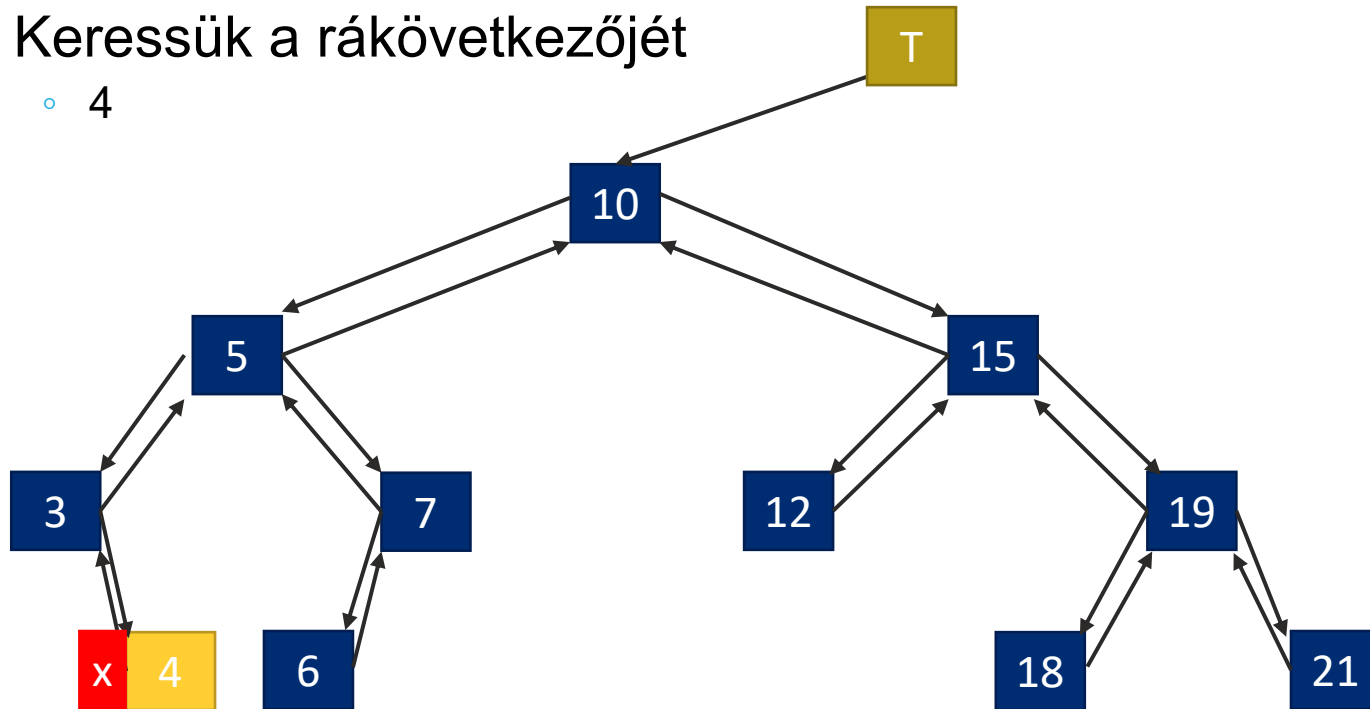


```
Fában-következő(T, x)
if jobb[x] ≠ NIL
    then return Fában-minimum (jobb[x])
y ← szülő[x]
while y ≠ NIL és x = jobb[y] do
    x ← y
    y ← szülő[x]
return y
```


Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 4



Fában-következő(T, x)

if $jobb[x] \neq NIL$

then return Fában-minimum ($jobb[x]$)

$y \leftarrow szülő[x]$

while $y \neq NIL$ és $x = jobb[y]$ do

$x \leftarrow y$

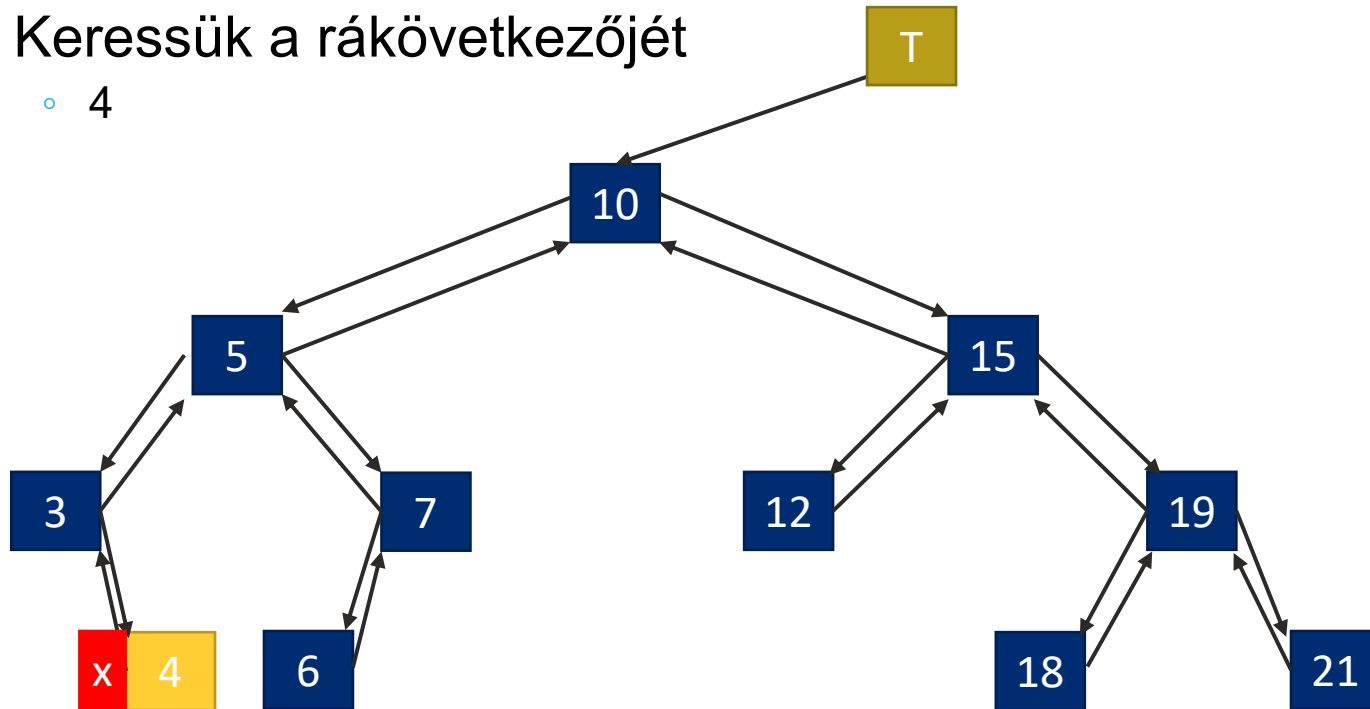
$y \leftarrow szülő[x]$

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

◦ 4



Fában-következő(T, x)

if jobb[x] \neq NIL

then return Fában-minimum (jobb[x])

$y \leftarrow$ szülő[x]

while $y \neq$ NIL és $x =$ jobb[y] do

$x \leftarrow y$

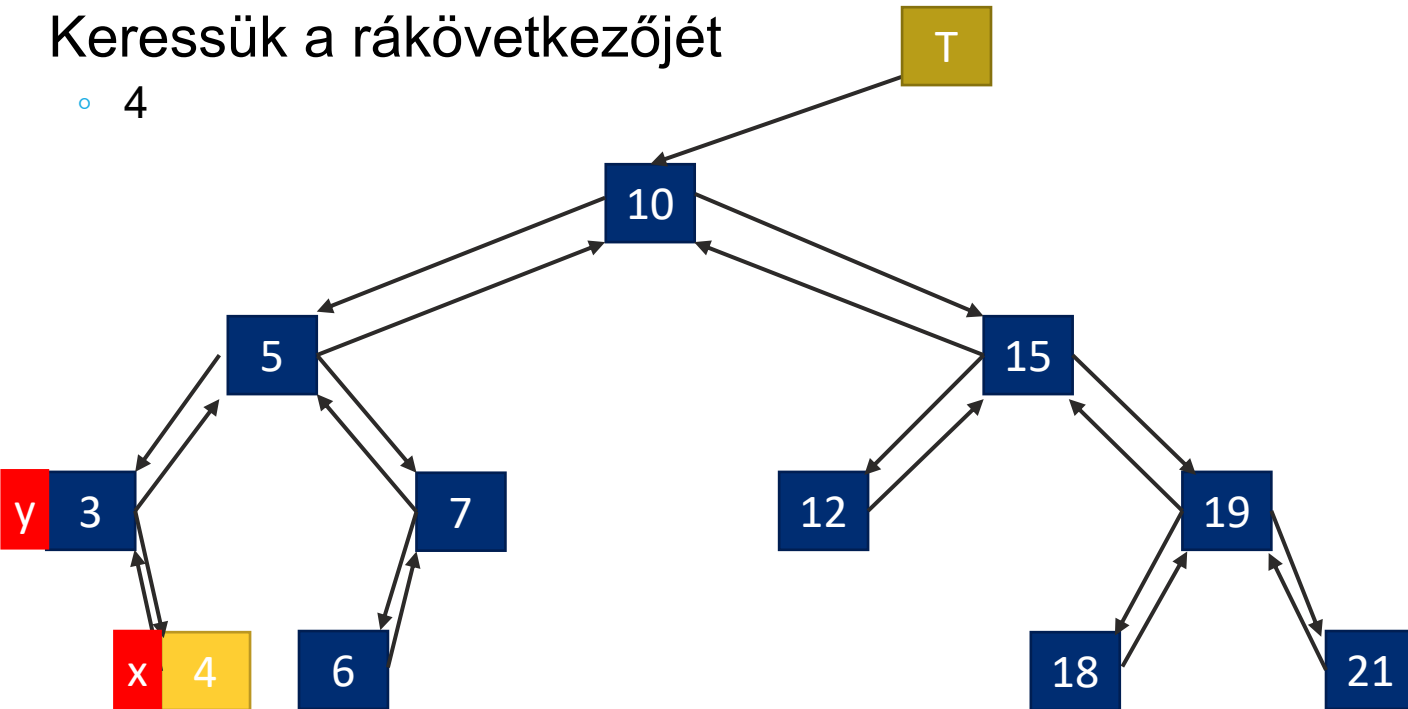
$y \leftarrow$ szülő[x]

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 4



Fában-következő(T, x)

if jobb[x] \neq NIL

then return Fában-minimum (jobb[x])

$y \leftarrow$ szülő[x]

while $y \neq$ NIL és $x =$ jobb[y] do

$x \leftarrow y$

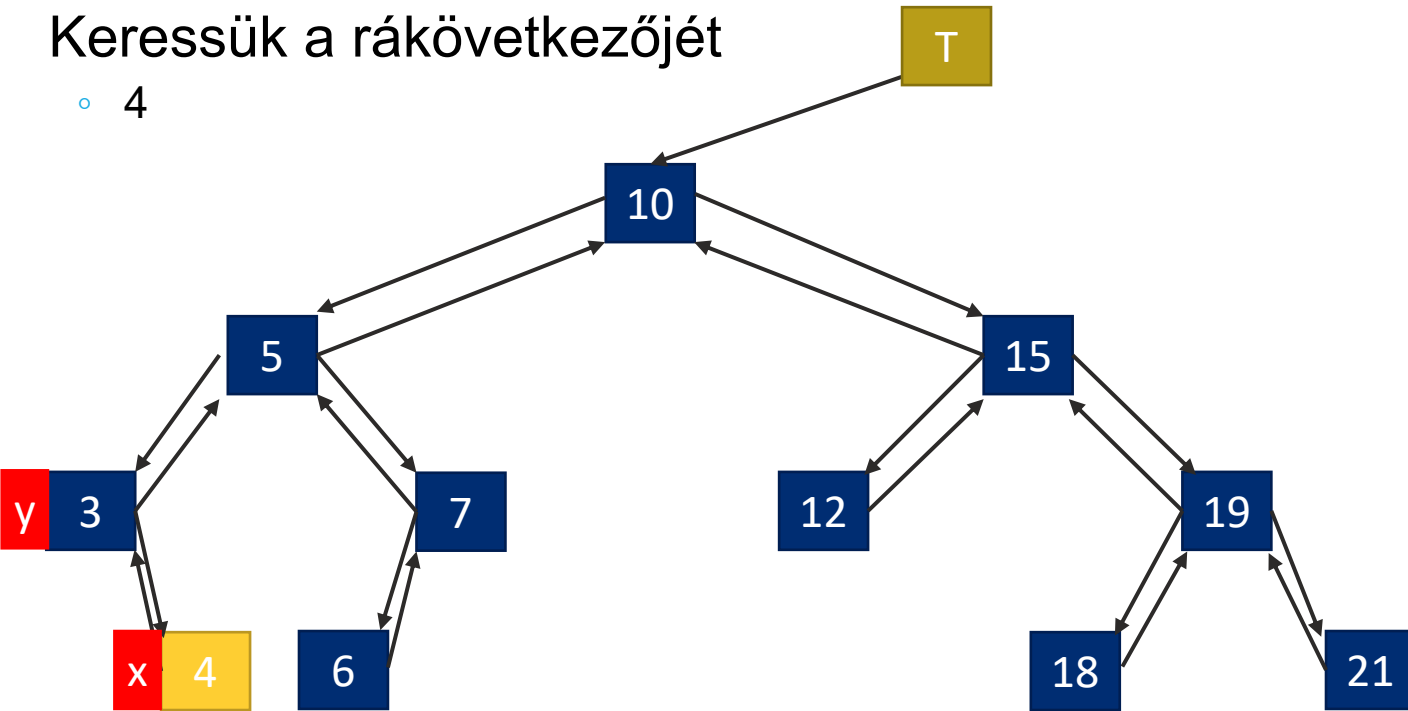
$y \leftarrow$ szülő[x]

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 4



Fában-következő(T, x)

if jobb[x] \neq NIL

then return Fában-minimum (jobb[x])

$y \leftarrow$ szülő[x]

while $y \neq \text{NIL}$ és $x = \text{jobb}[y]$ do

$x \leftarrow y$

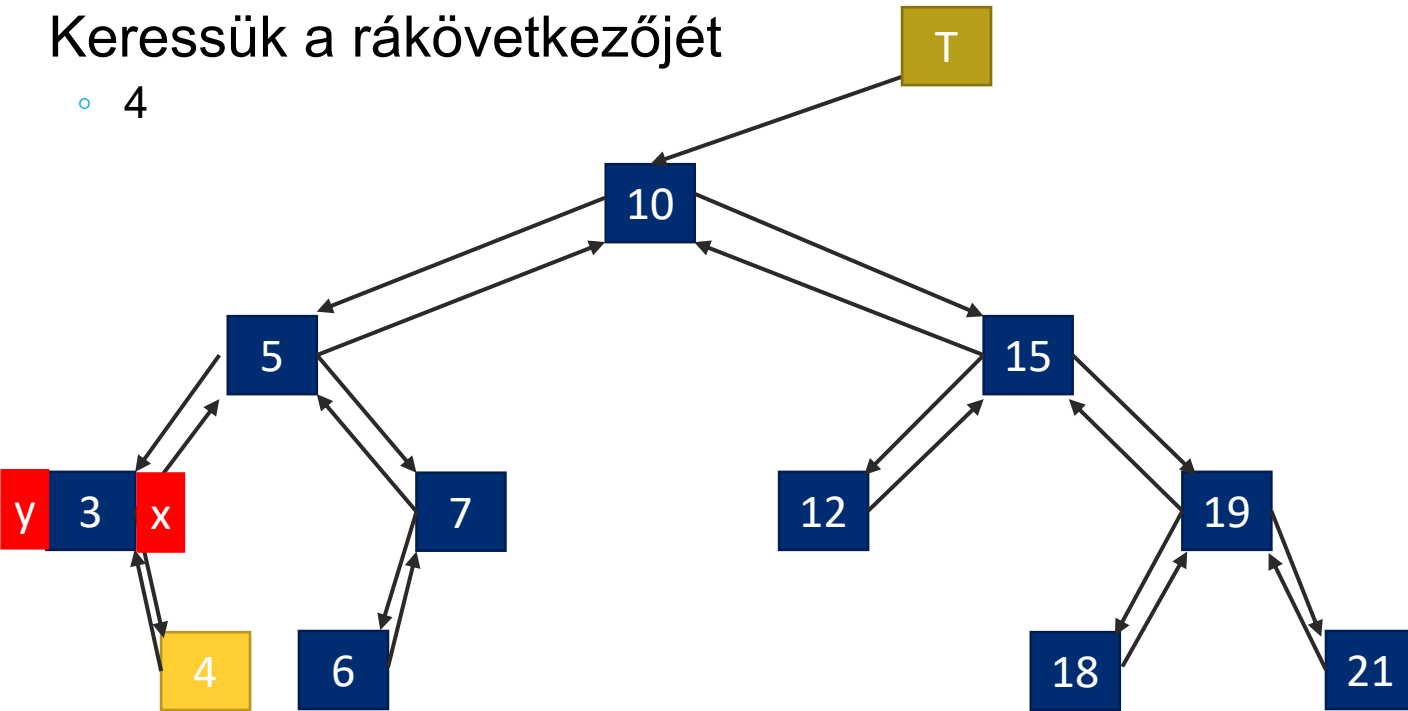
$y \leftarrow$ szülő[x]

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 4



Fában-következő(T, x)

if jobb[x] \neq NIL

then return Fában-minimum (jobb[x])

$y \leftarrow$ szülő[x]

while $y \neq$ NIL és $x =$ jobb[y] do

$x \leftarrow y$

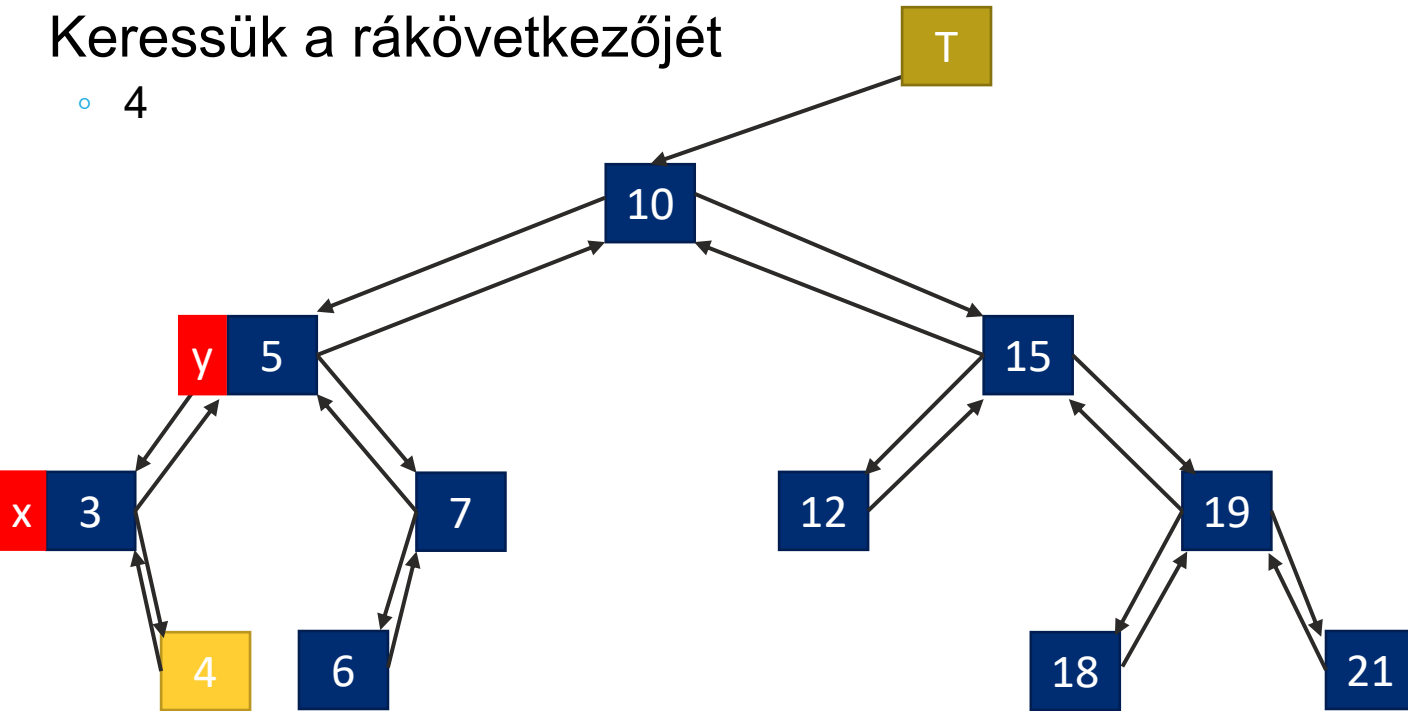
$y \leftarrow$ szülő[x]

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 4

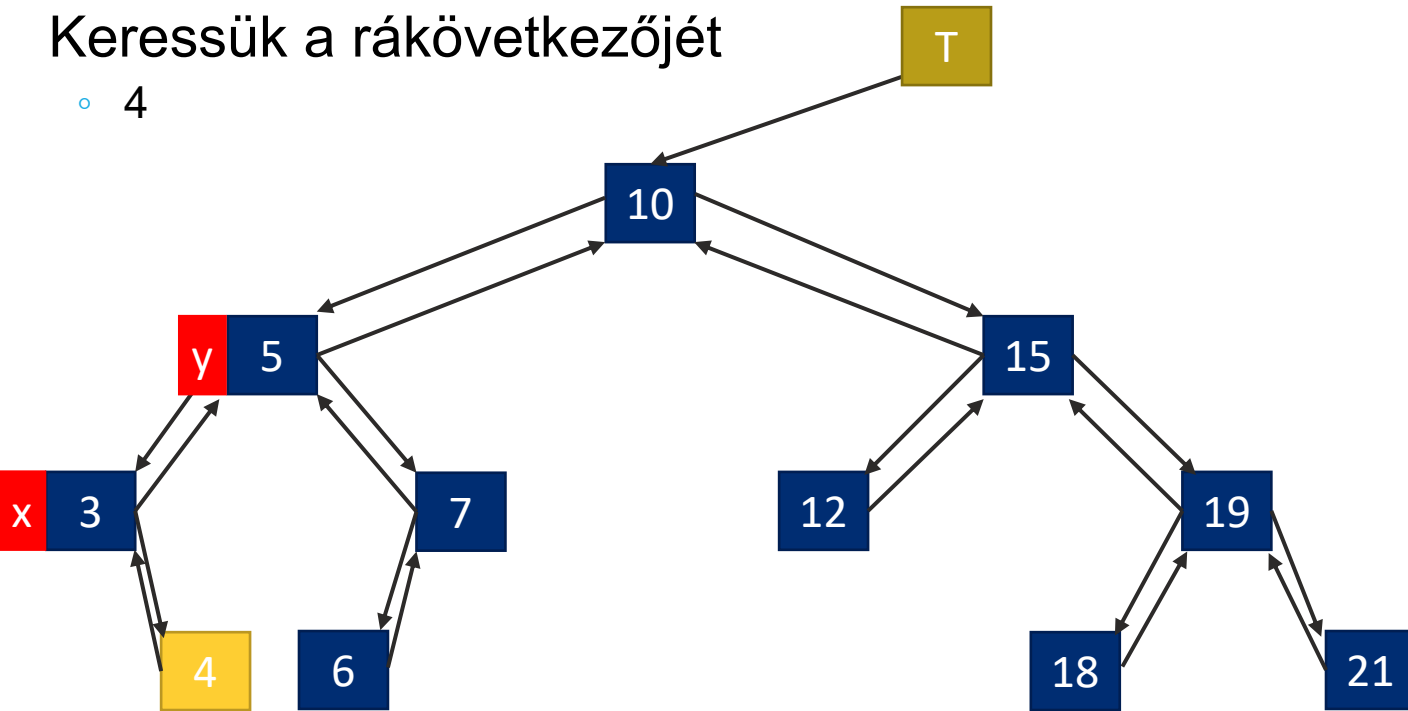


```
Fában-következő(T, x)
if jobb[x] ≠ NIL
    then return Fában-minimum (jobb[x])
y ← szülő[x]
while y ≠ NIL és x = jobb[y] do
    x ← y
    y ← szülő[x]
return y
```

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

- 4



Fában-következő(T, x)

if jobb[x] \neq NIL

then return Fában-minimum (jobb[x])

$y \leftarrow$ szülő[x]

while $y \neq \text{NIL}$ és $x = \text{jobb}[y]$ do

$x \leftarrow y$

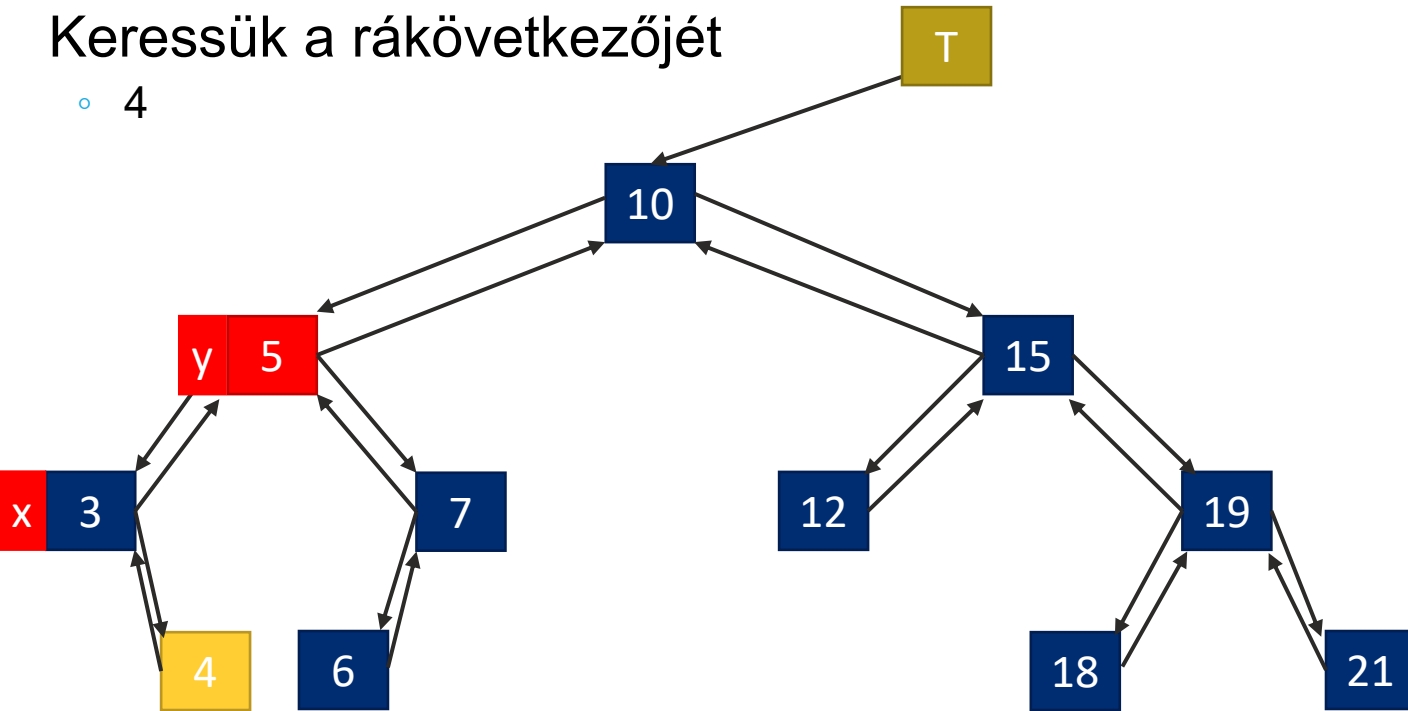
$y \leftarrow$ szülő[x]

return y

Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

Keressük a rákövetkezőjét

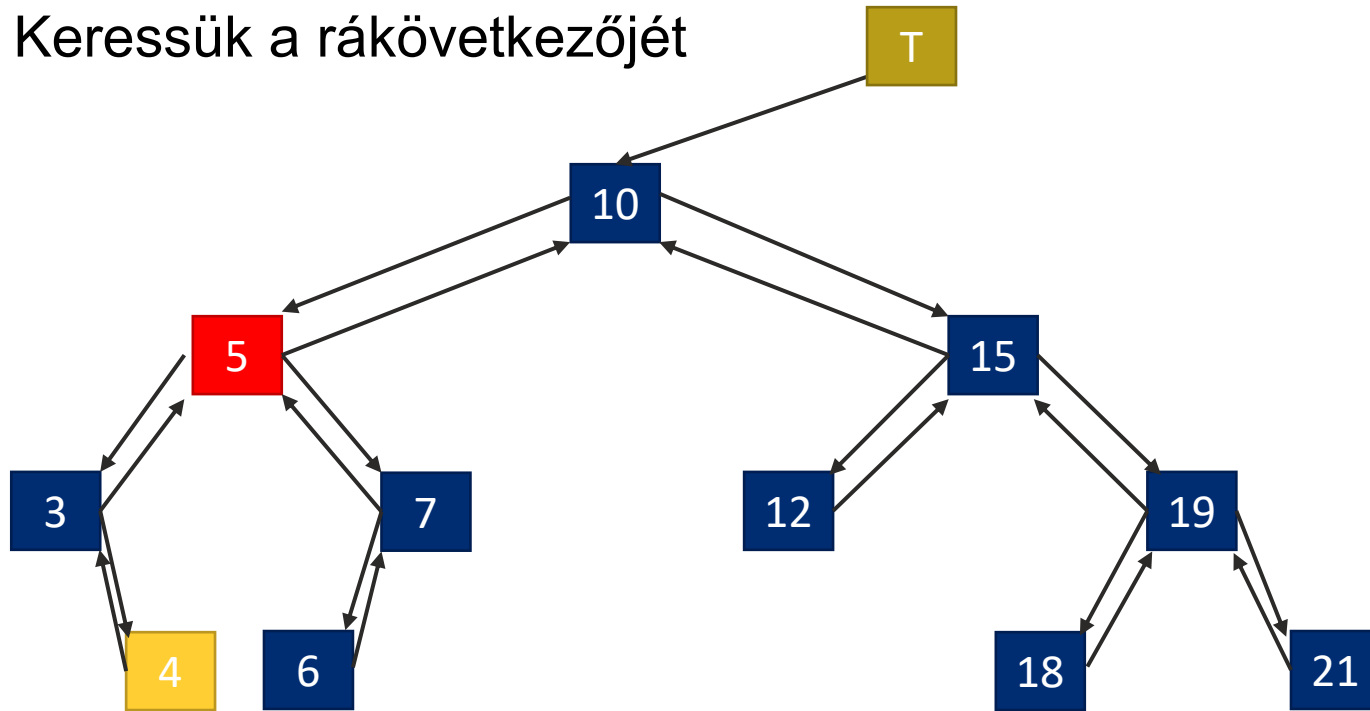
- 4



```
Fában-következő(T, x)
if jobb[x] ≠ NIL
    then return Fában-minimum (jobb[x])
y ← szülő[x]
while y ≠ NIL és x = jobb[y] do
    x ← y
    y ← szülő[x]
return y
```


Bináris keresési fa – Rákövetkező elem

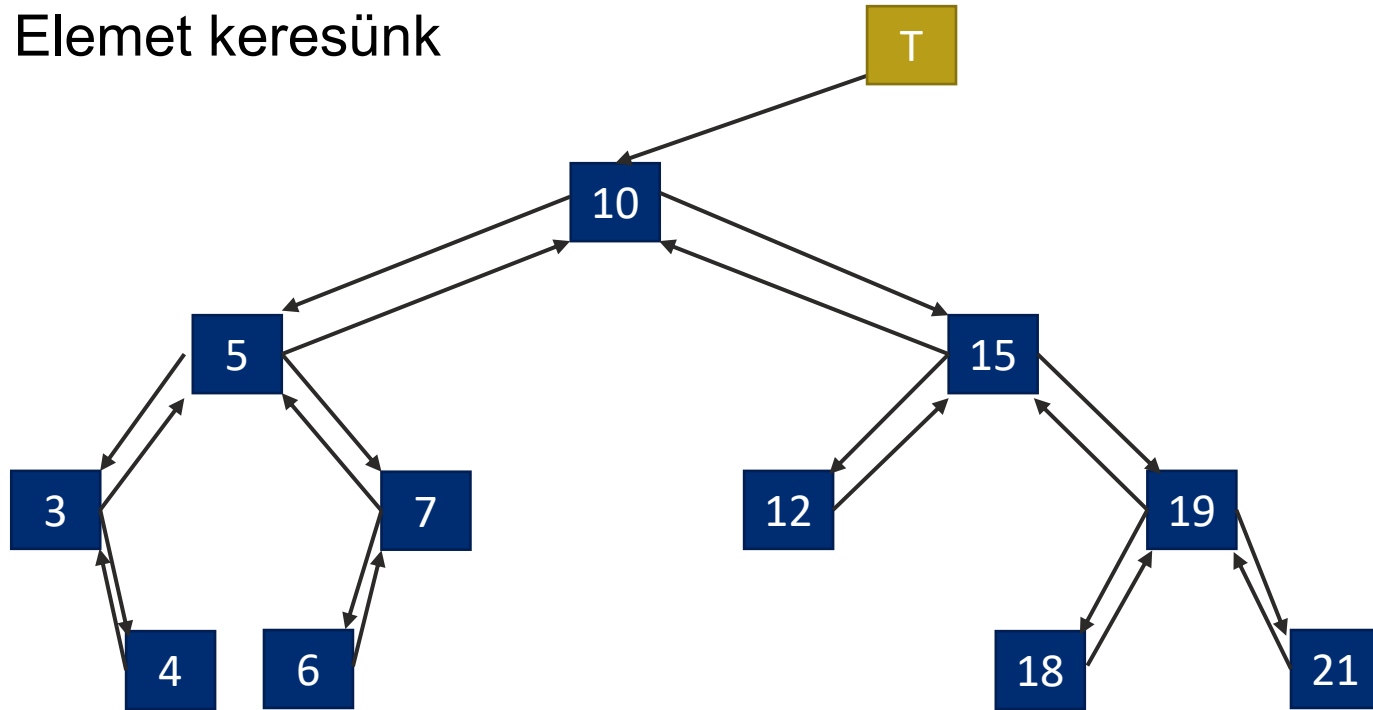
Keressük a rákövetkezőjét



```
Fában-következő(T, x)
if jobb[x] ≠ NIL
    then return Fában-minimum (jobb[x])
y ← szülő[x]
while y ≠ NIL és x = jobb[y] do
    x ← y
    y ← szülő[x]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

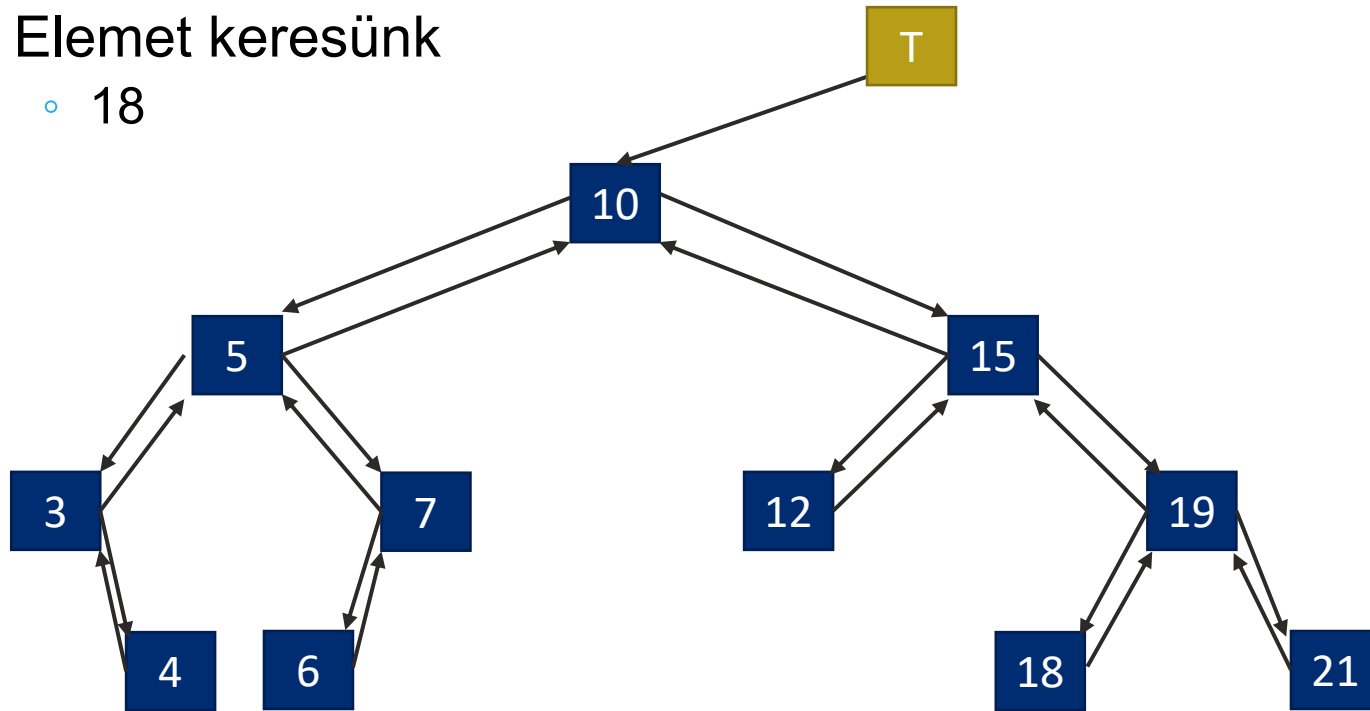
Elemet keresünk



Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

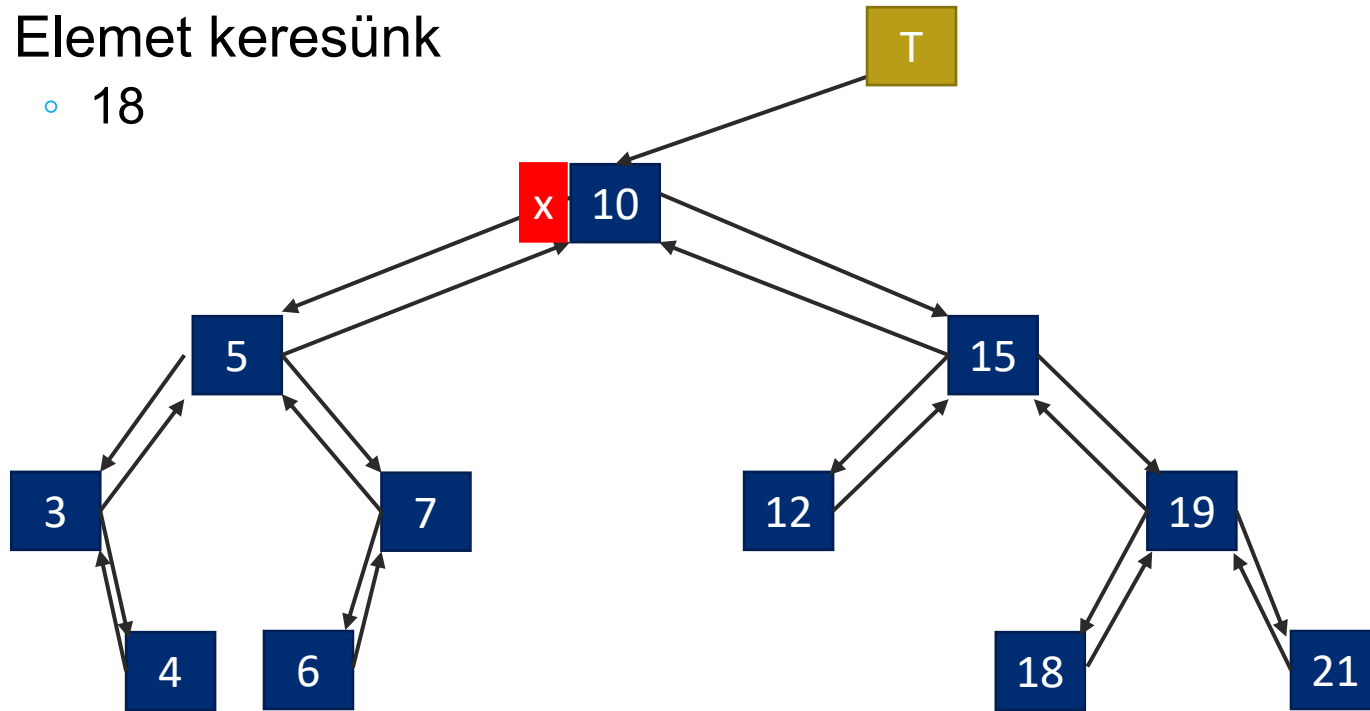


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

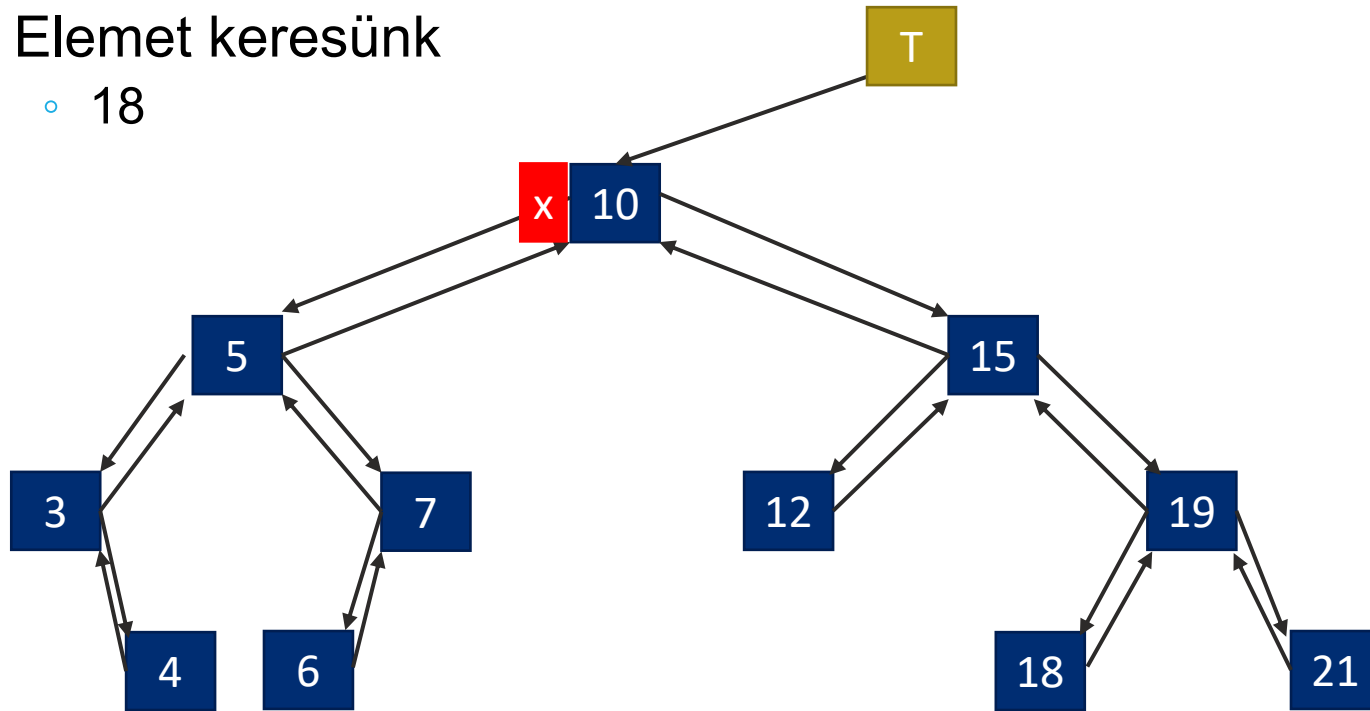


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

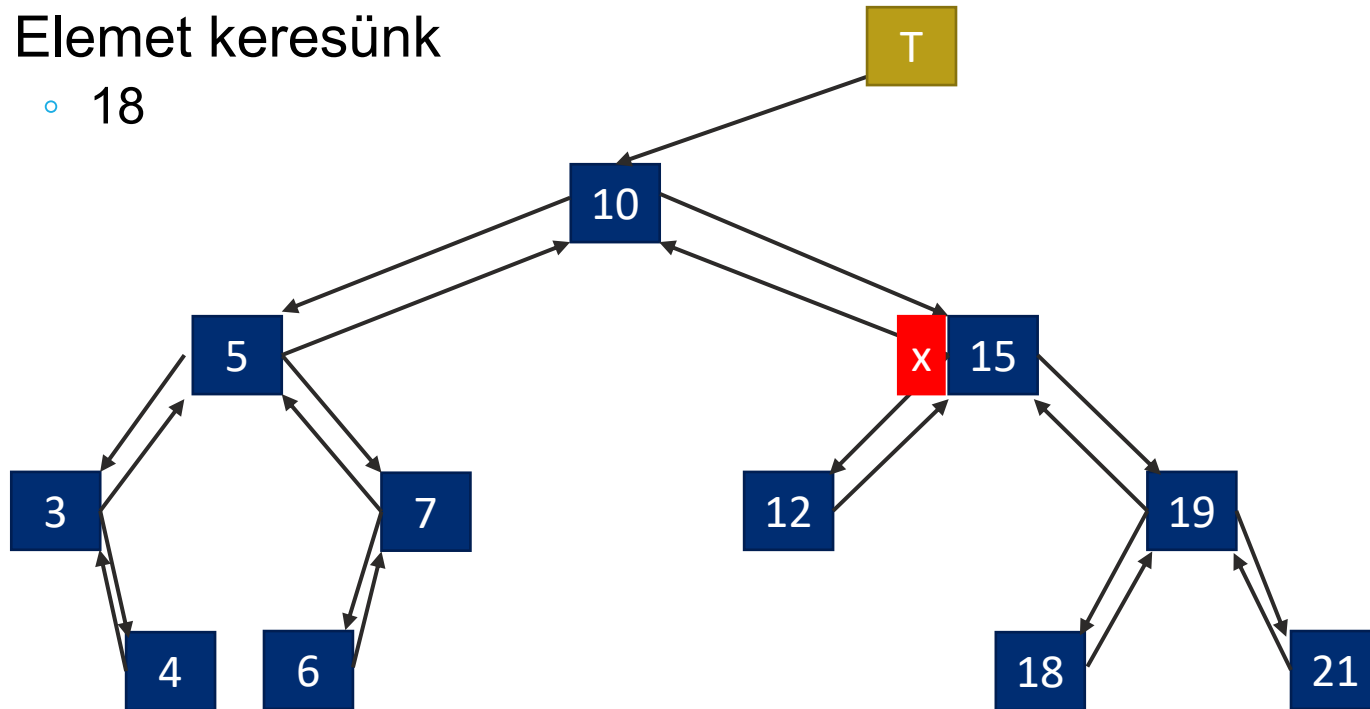


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
        else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

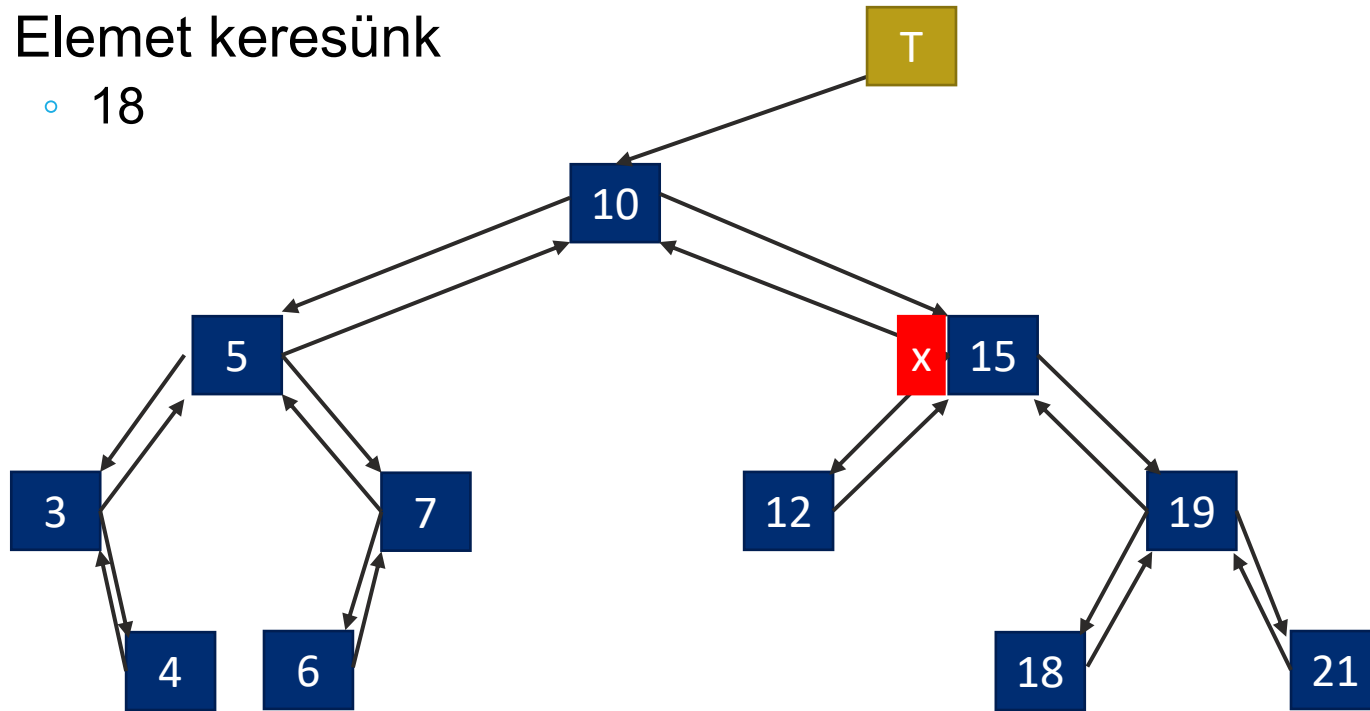


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

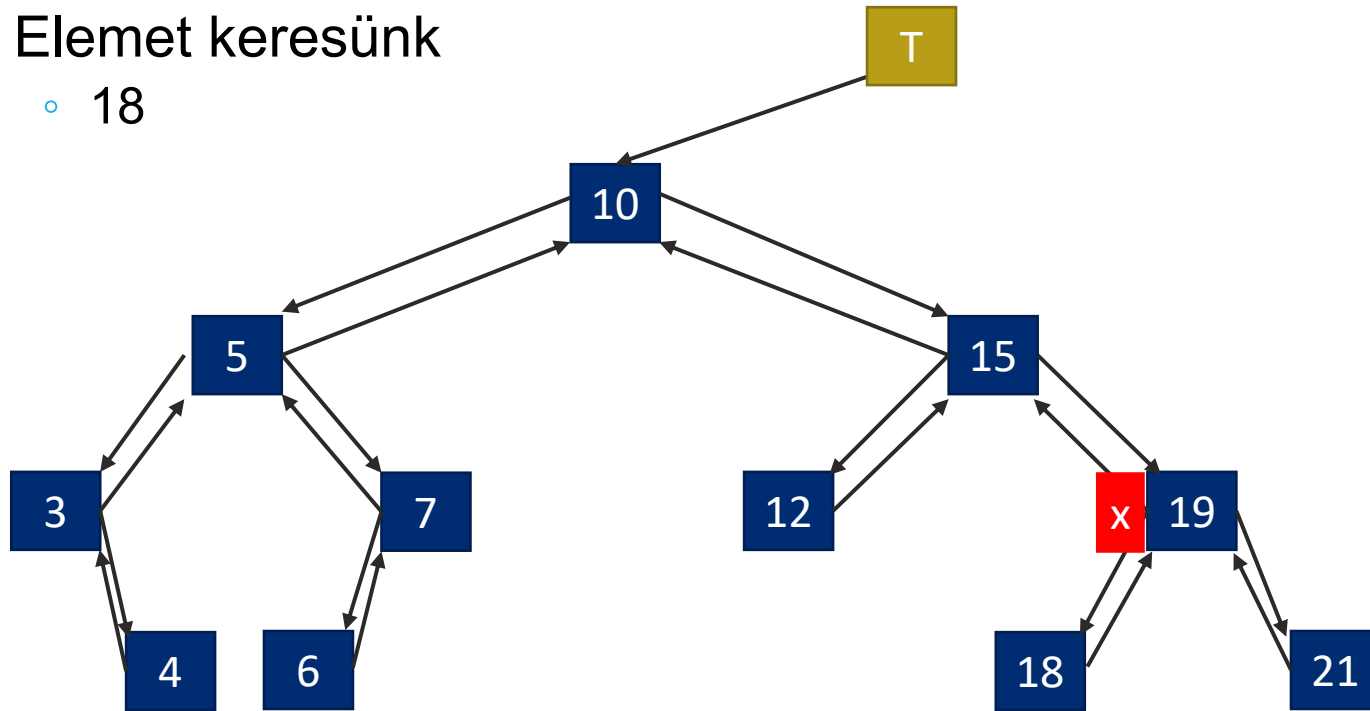


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
        else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

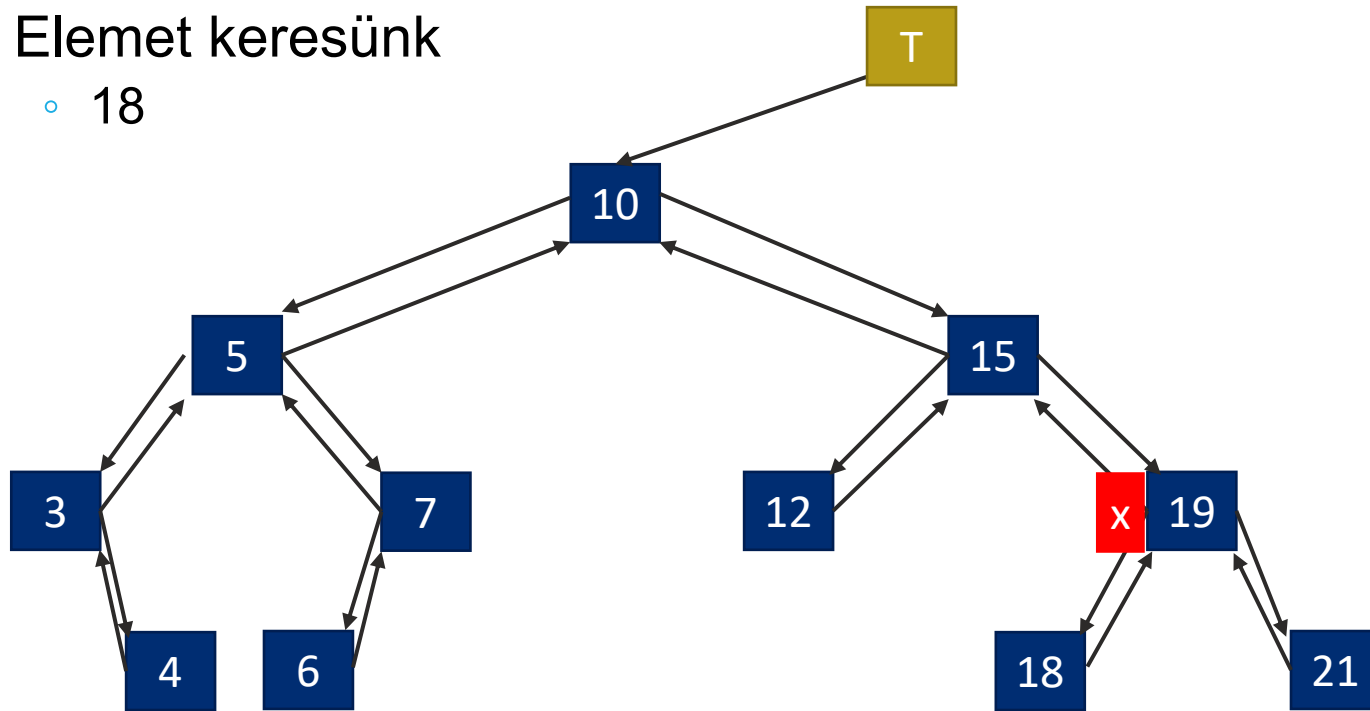


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```


Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

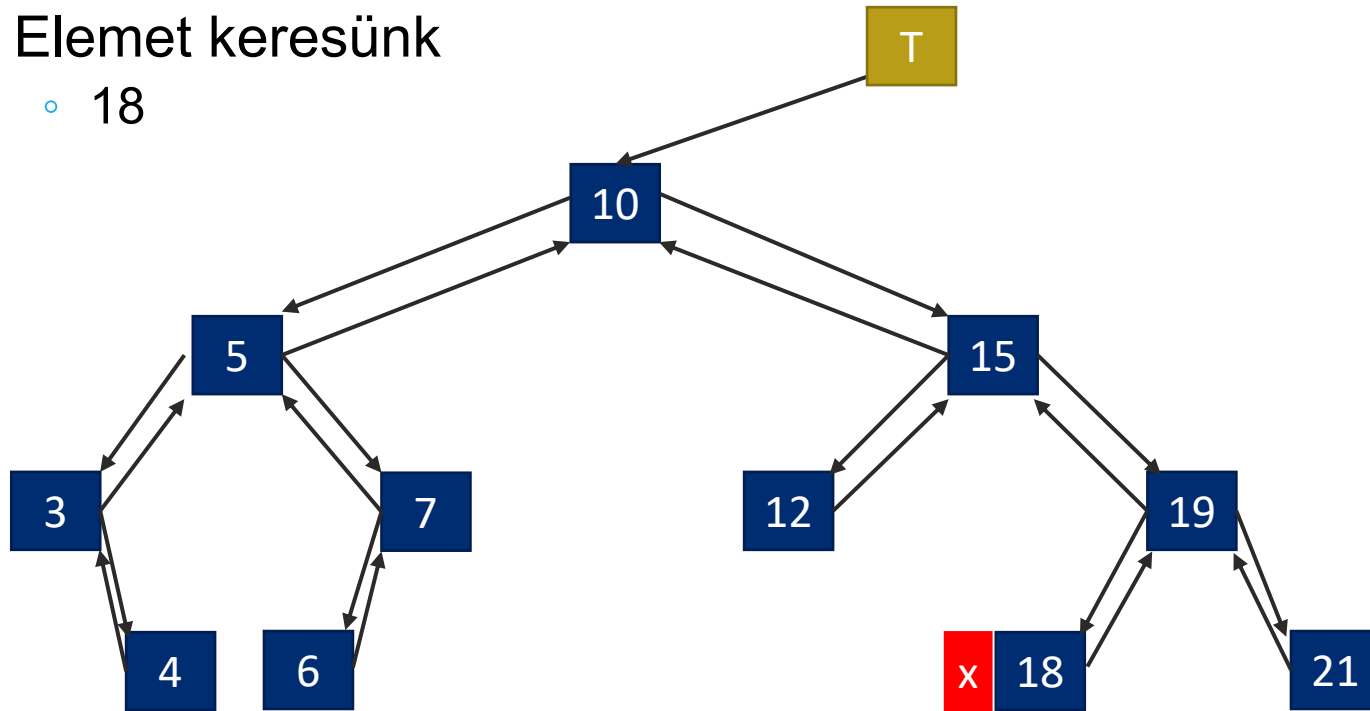


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

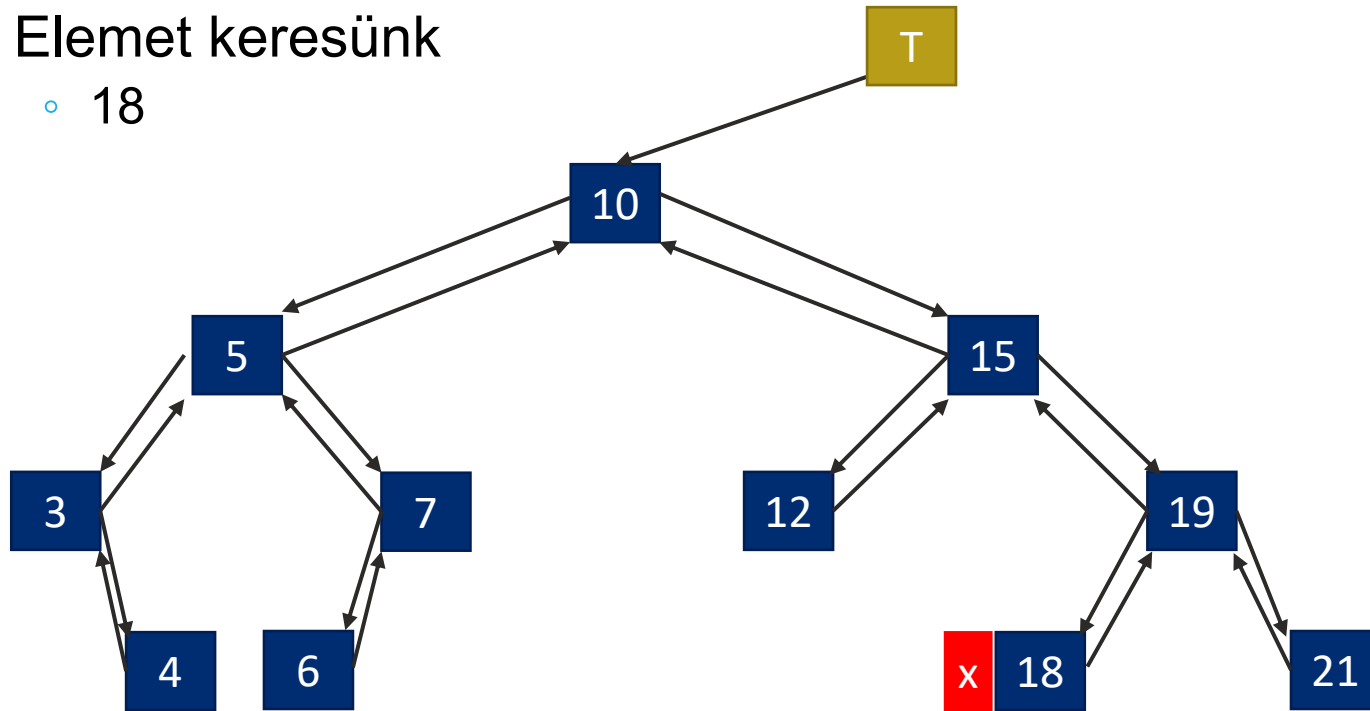


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
    then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

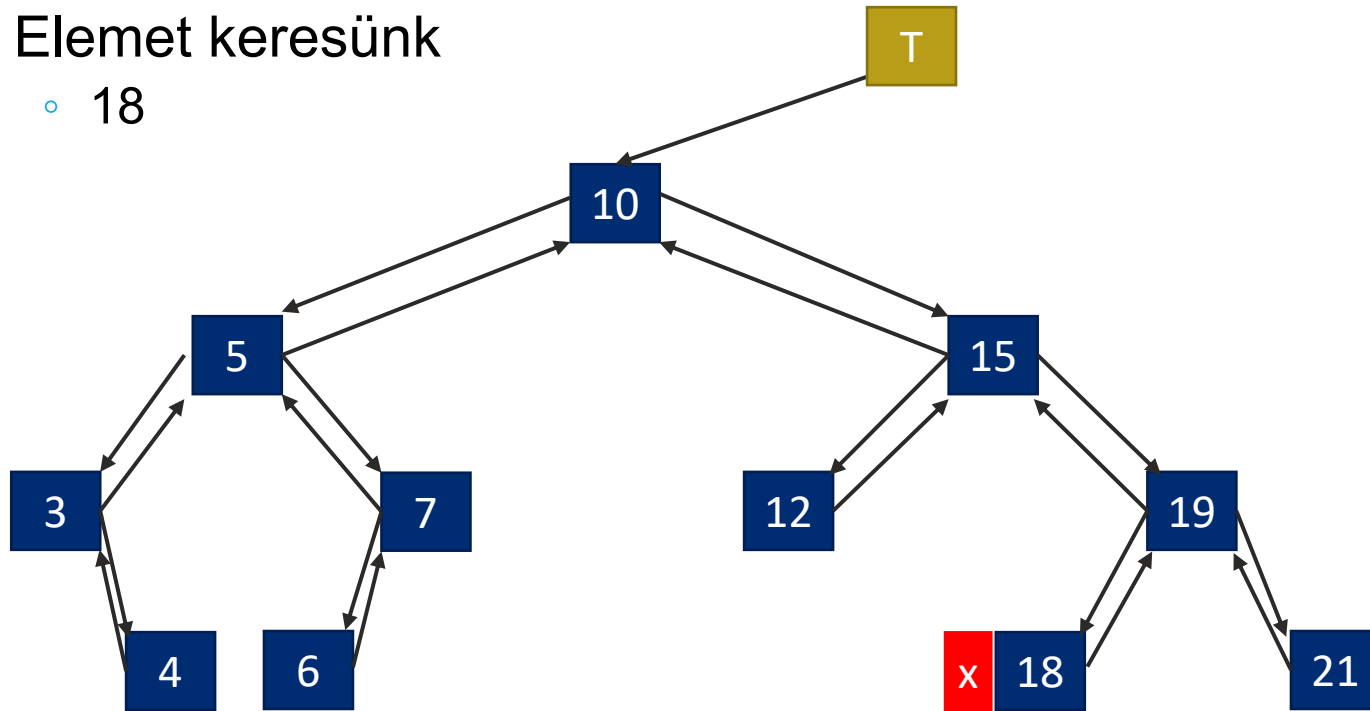


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 18

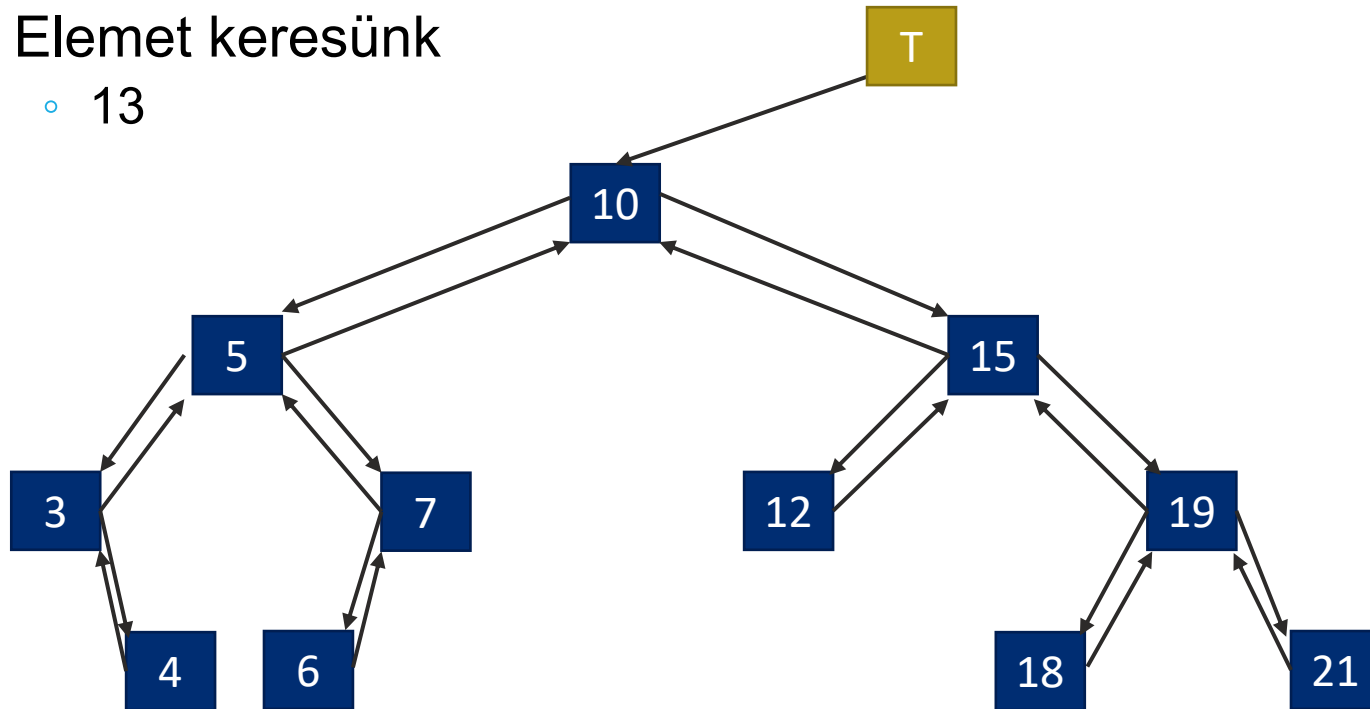


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

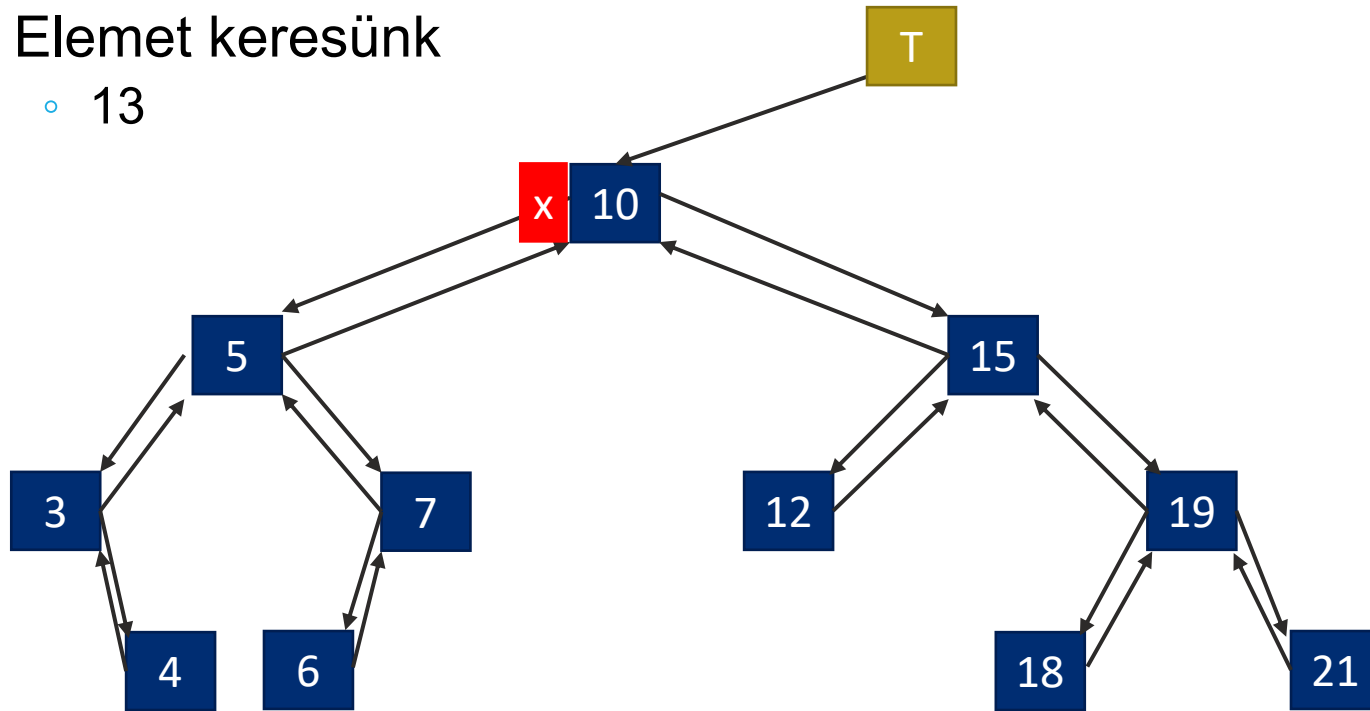


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

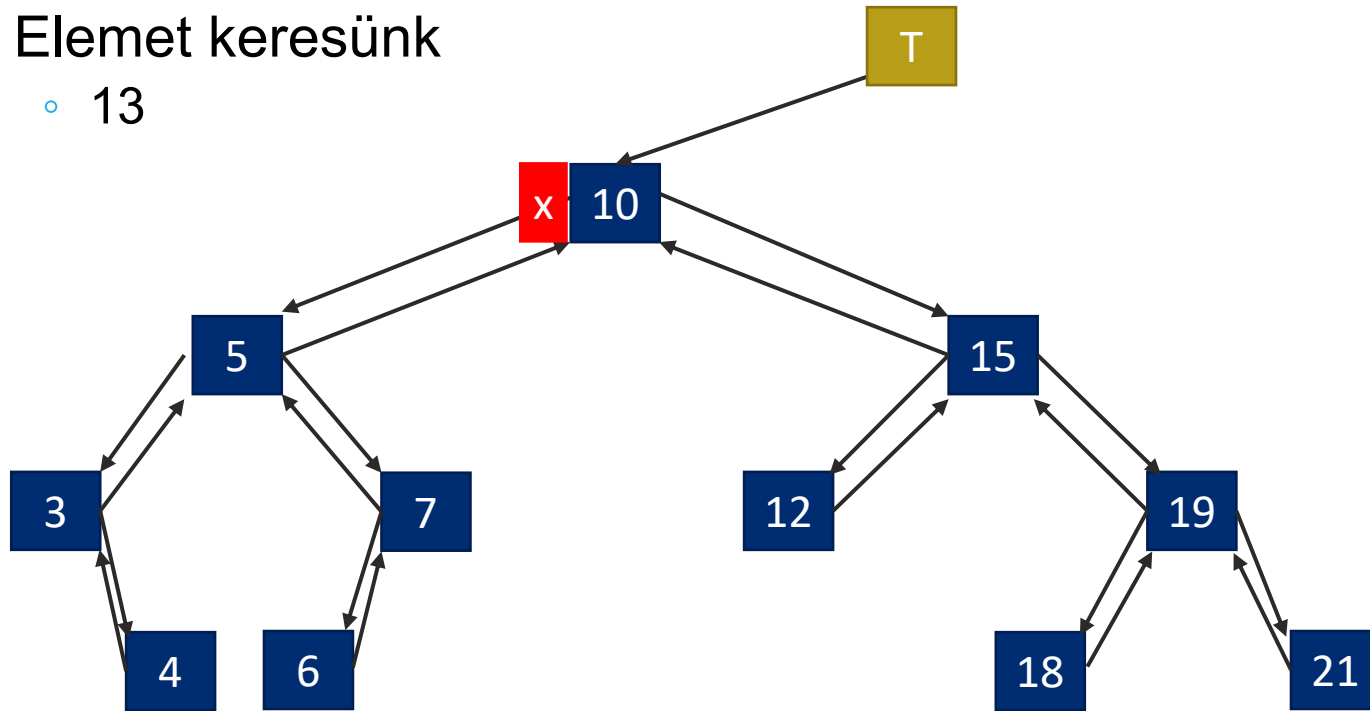


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

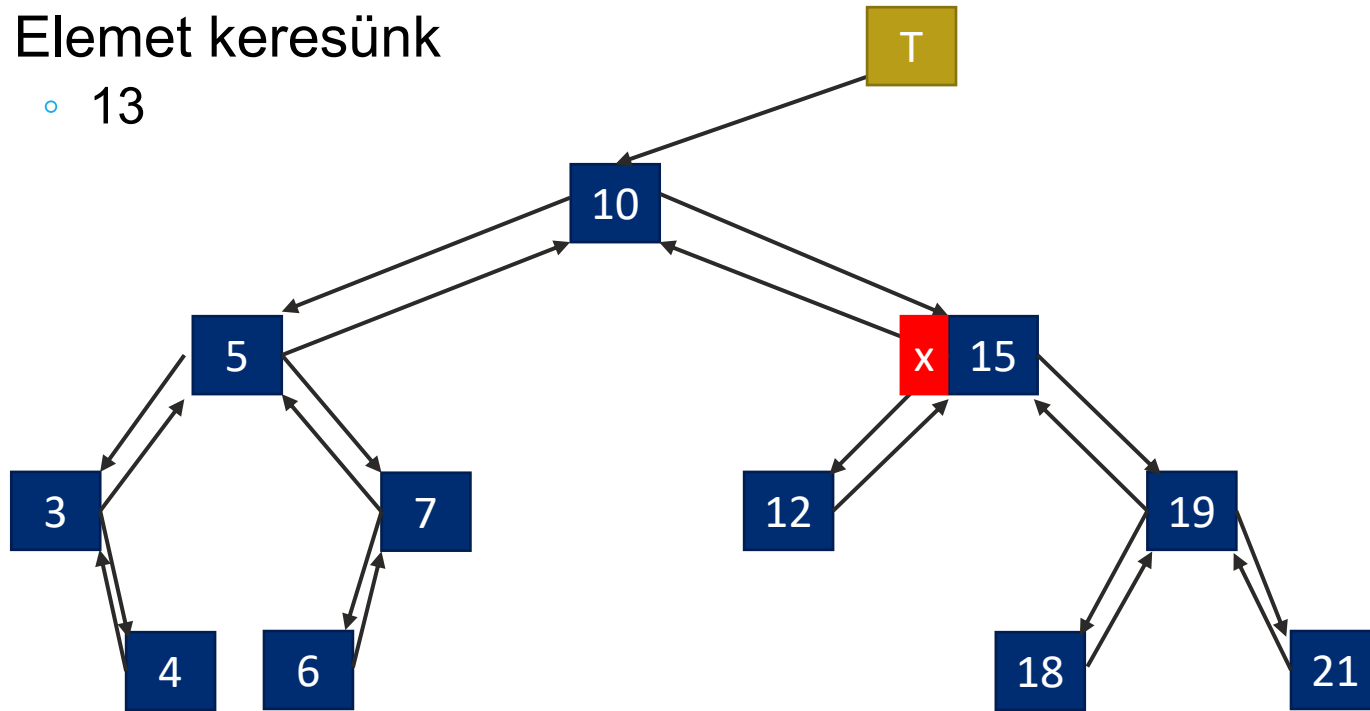


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
        else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

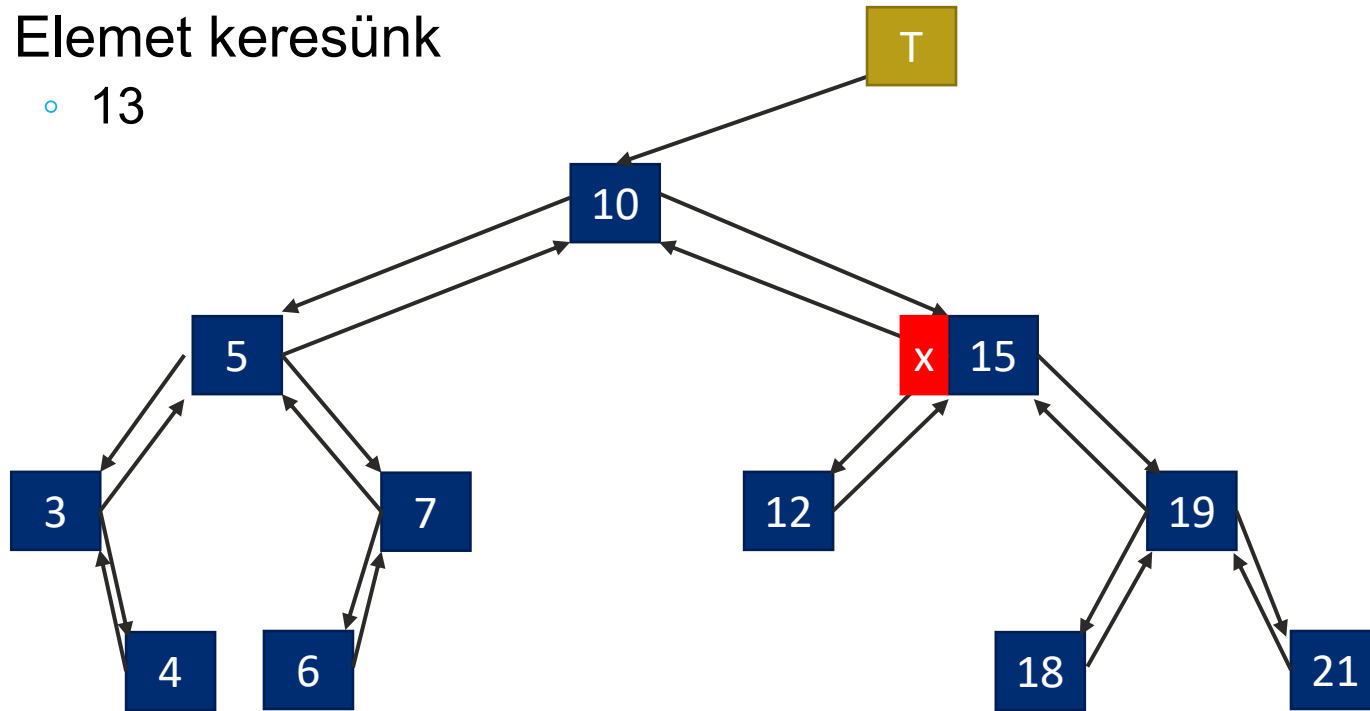


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```


Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

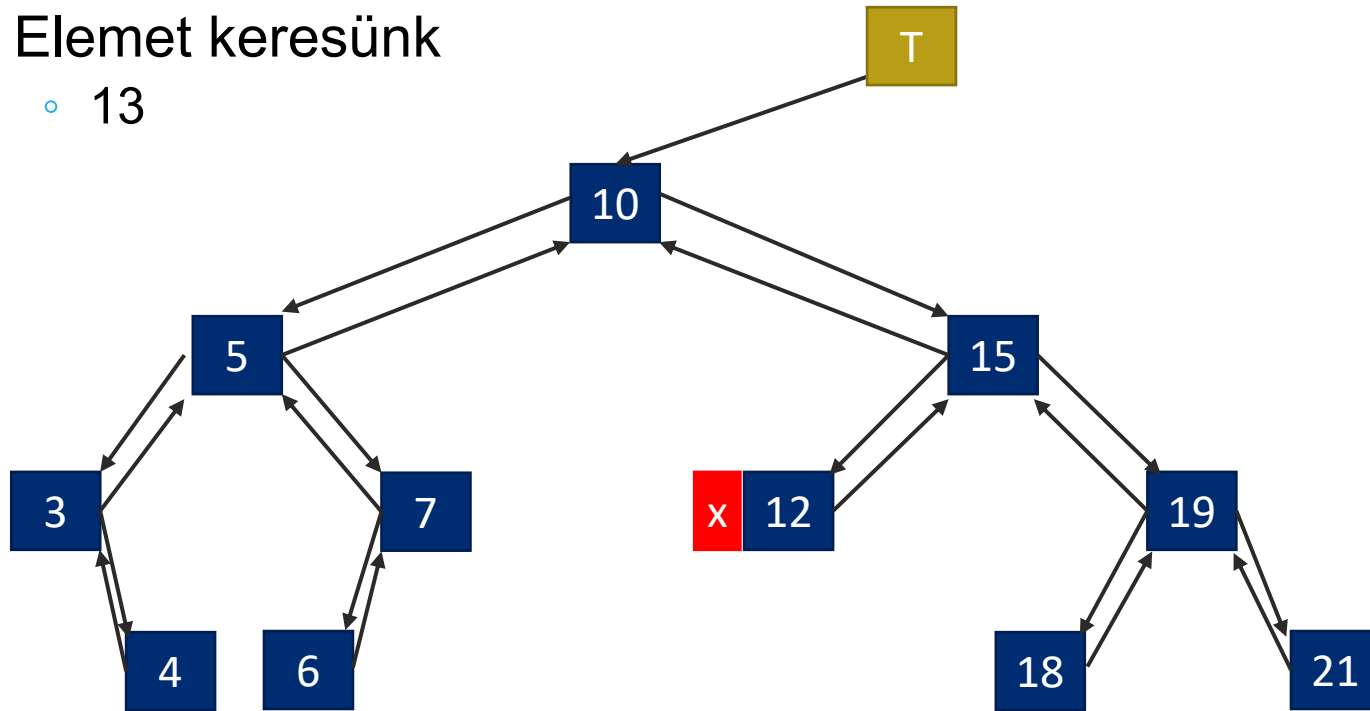


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

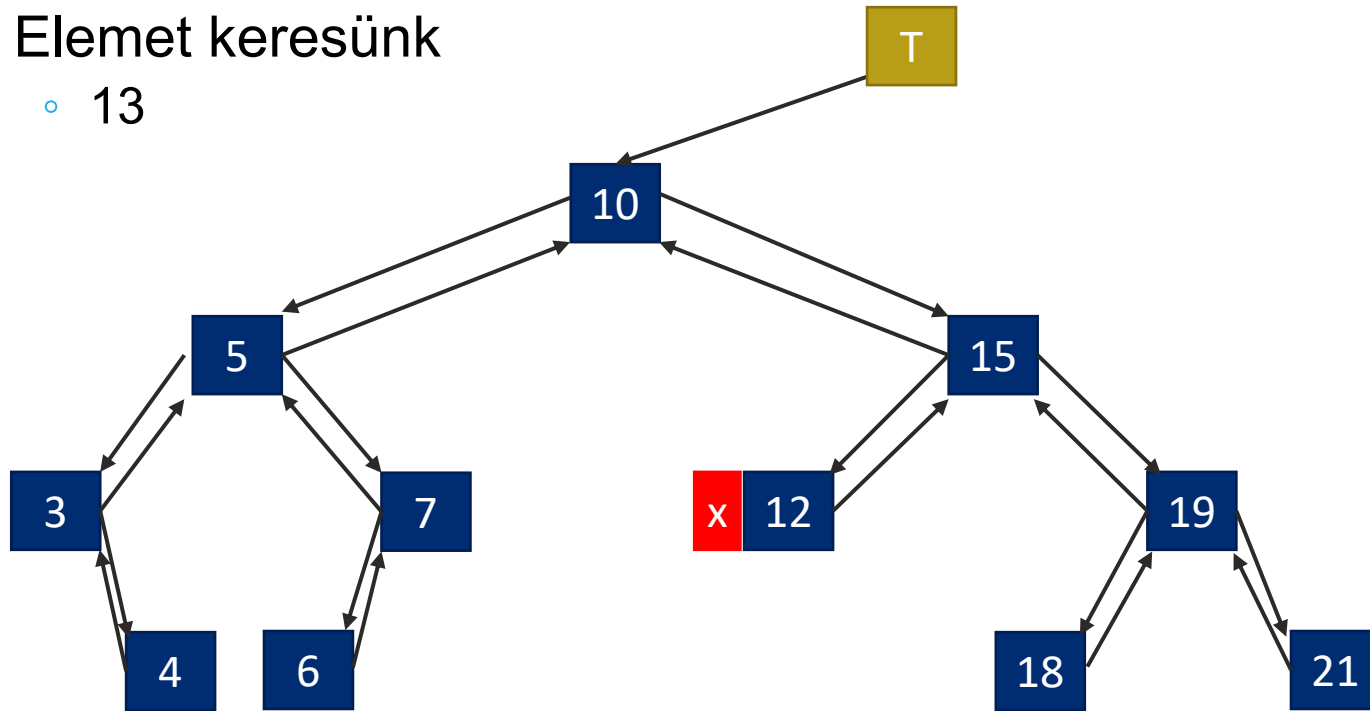


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

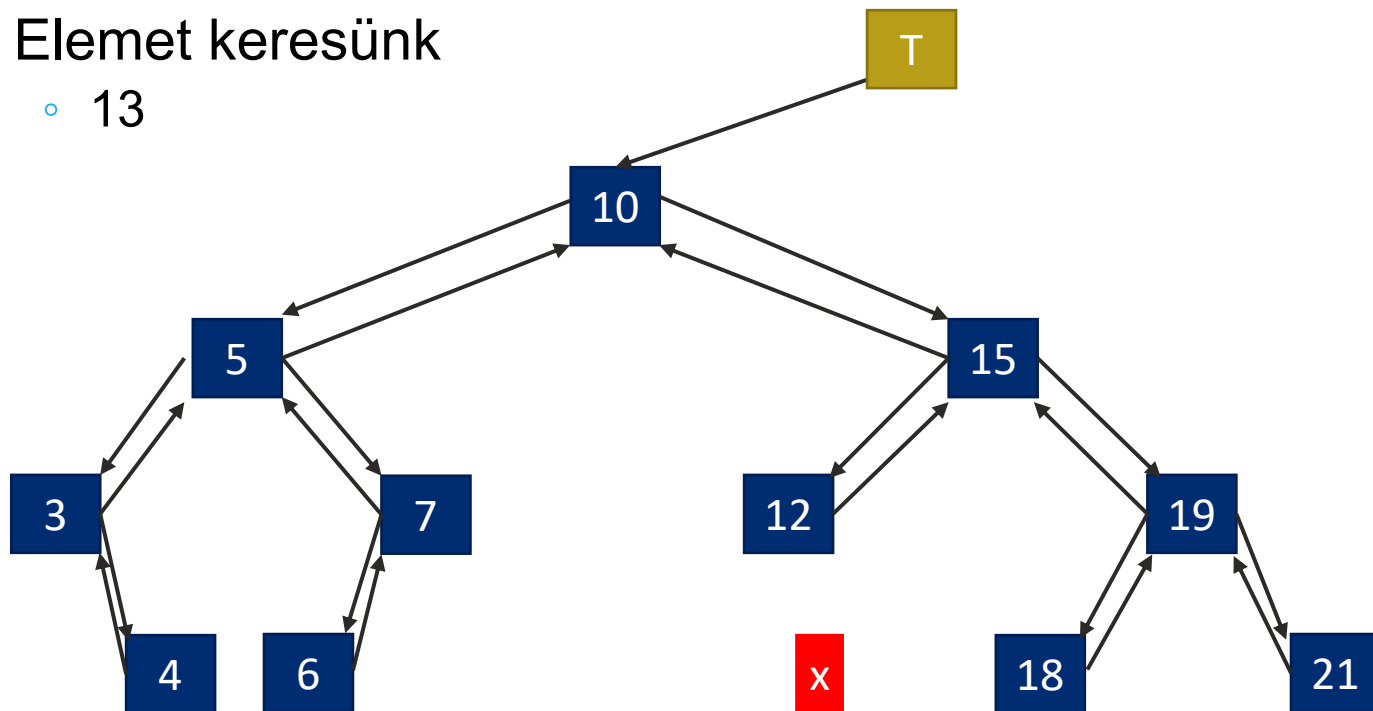
- 13



```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
        else x ← jobb[x]
return x
```

Elemet keresünk

- 13

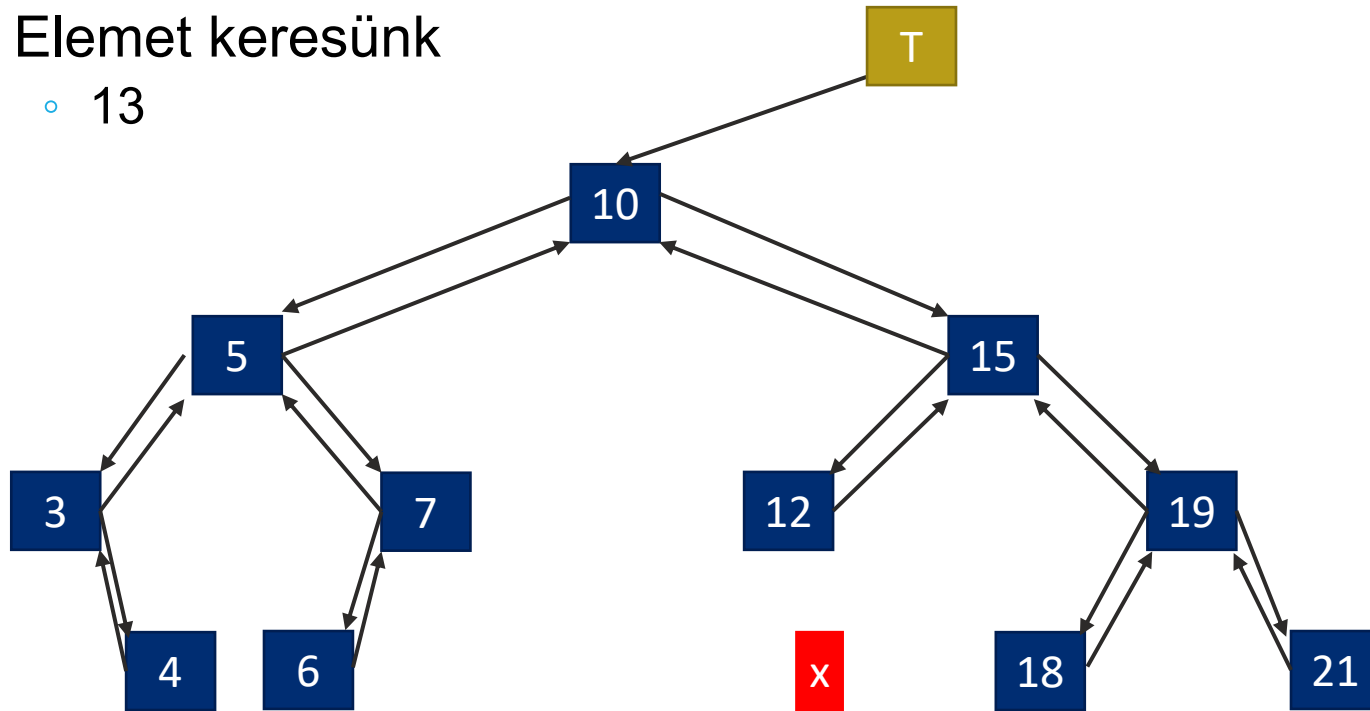


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

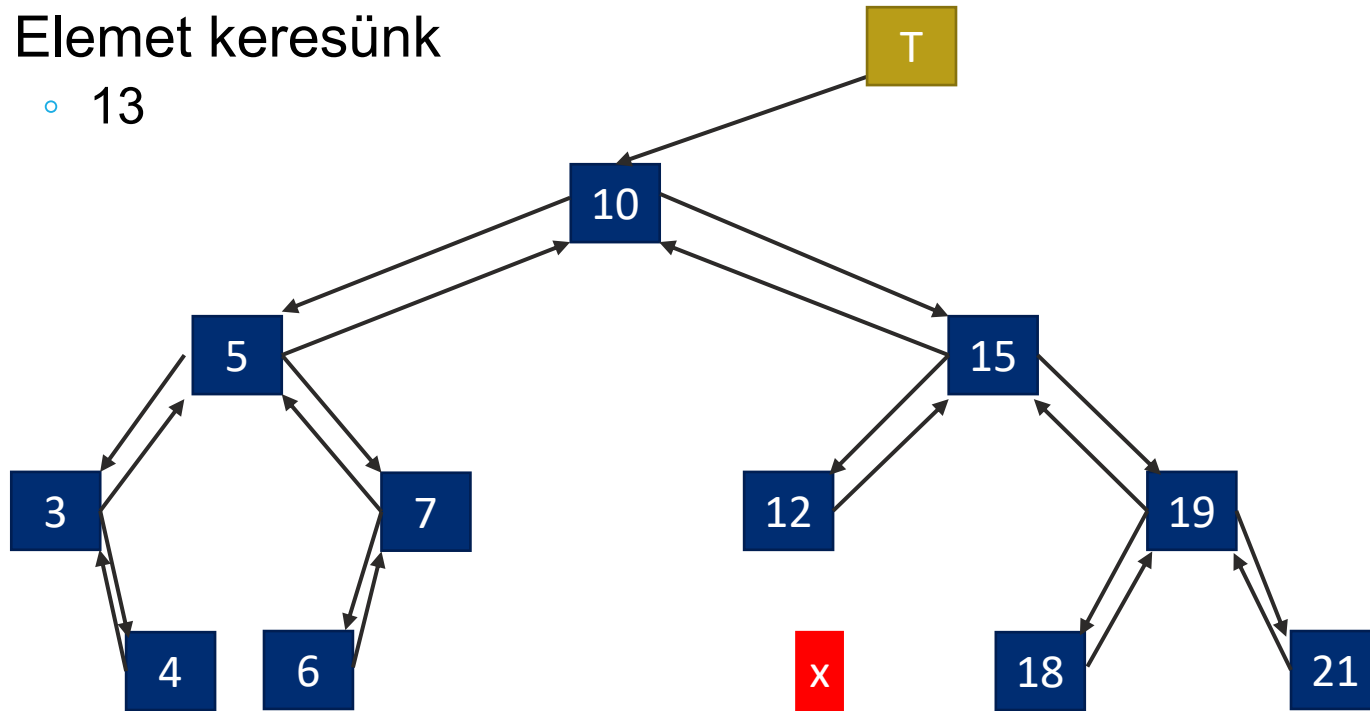


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Bináris keresési fa – Elem keresése

Elemet keresünk

- 13

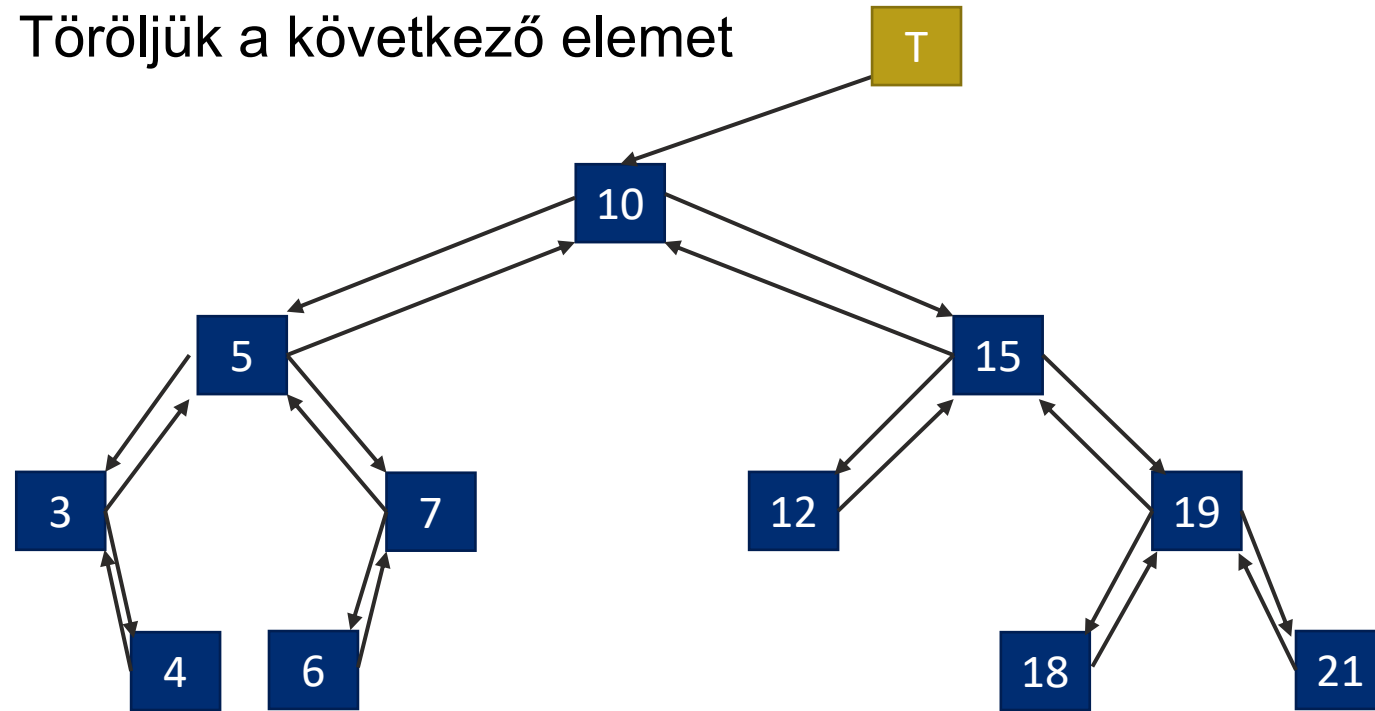


```
Fában-iteratívan-keres(x, k)
while x ≠ NIL and k ≠ kulcs[x] do
    if k < kulcs[x]
        then x ← bal[x]
    else x ← jobb[x]
return x
```

Ilyen értéket nem tárolunk a fában.

Bináris keresési fa – Elem törlése

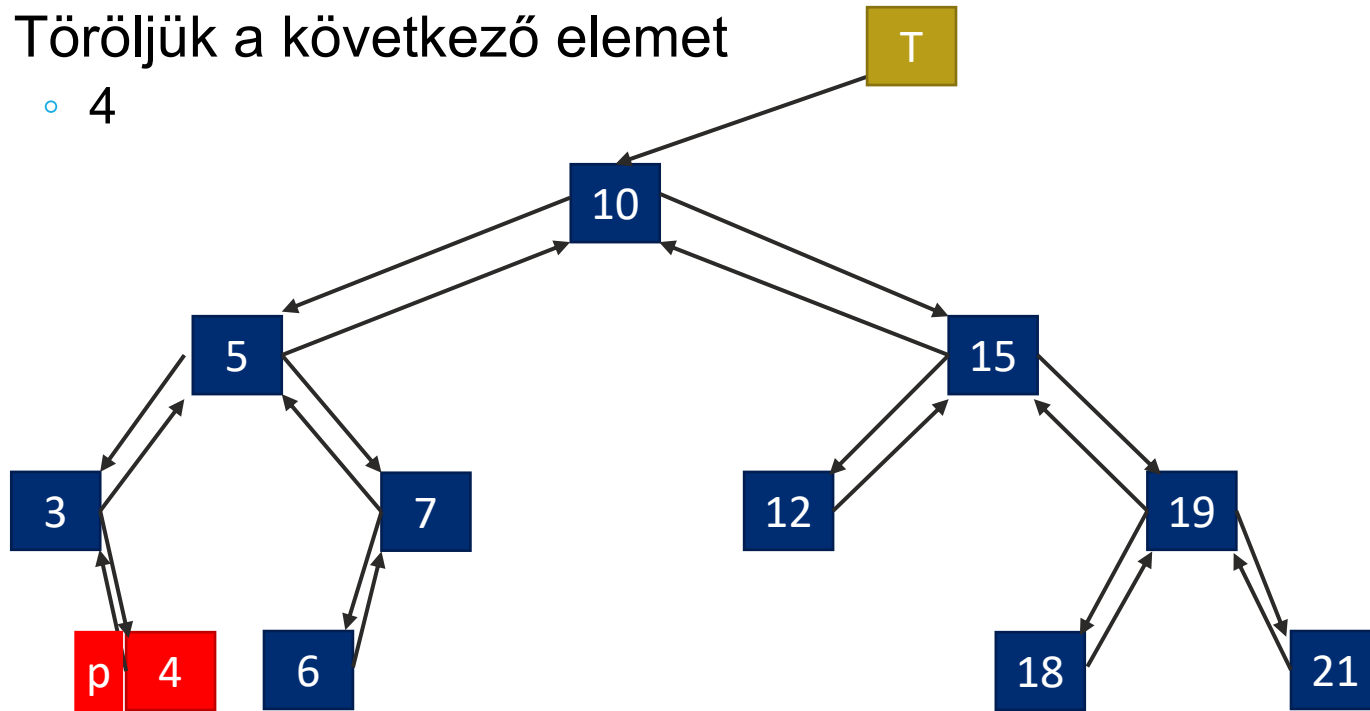
Töröljük a következő elemet



Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



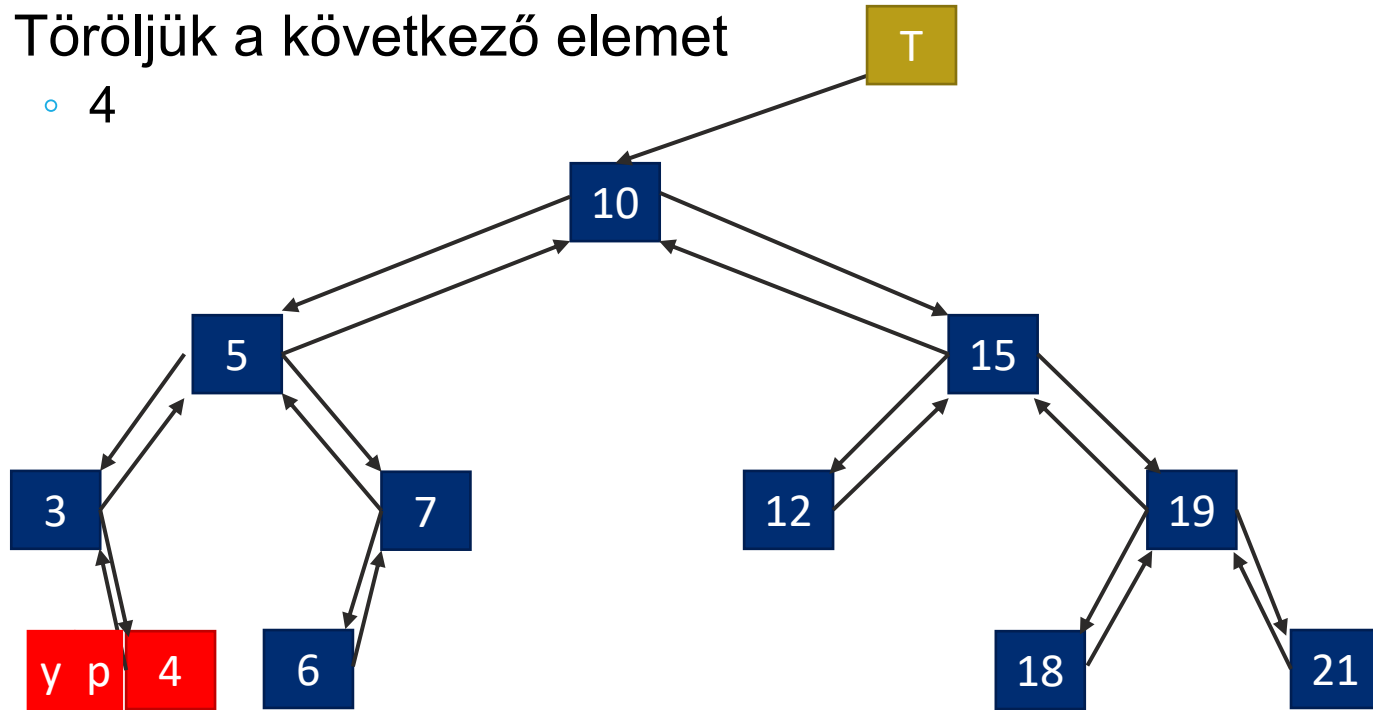
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



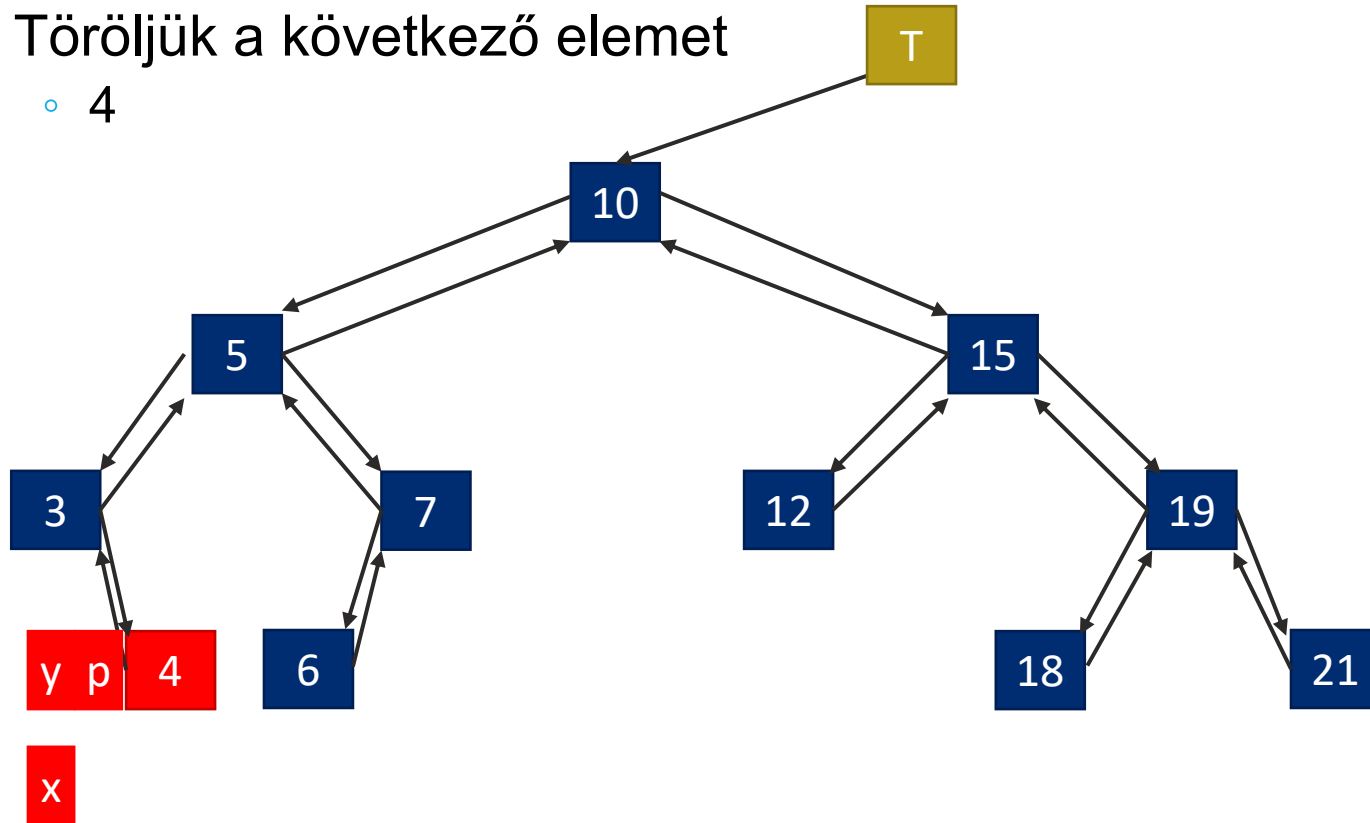
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL  
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

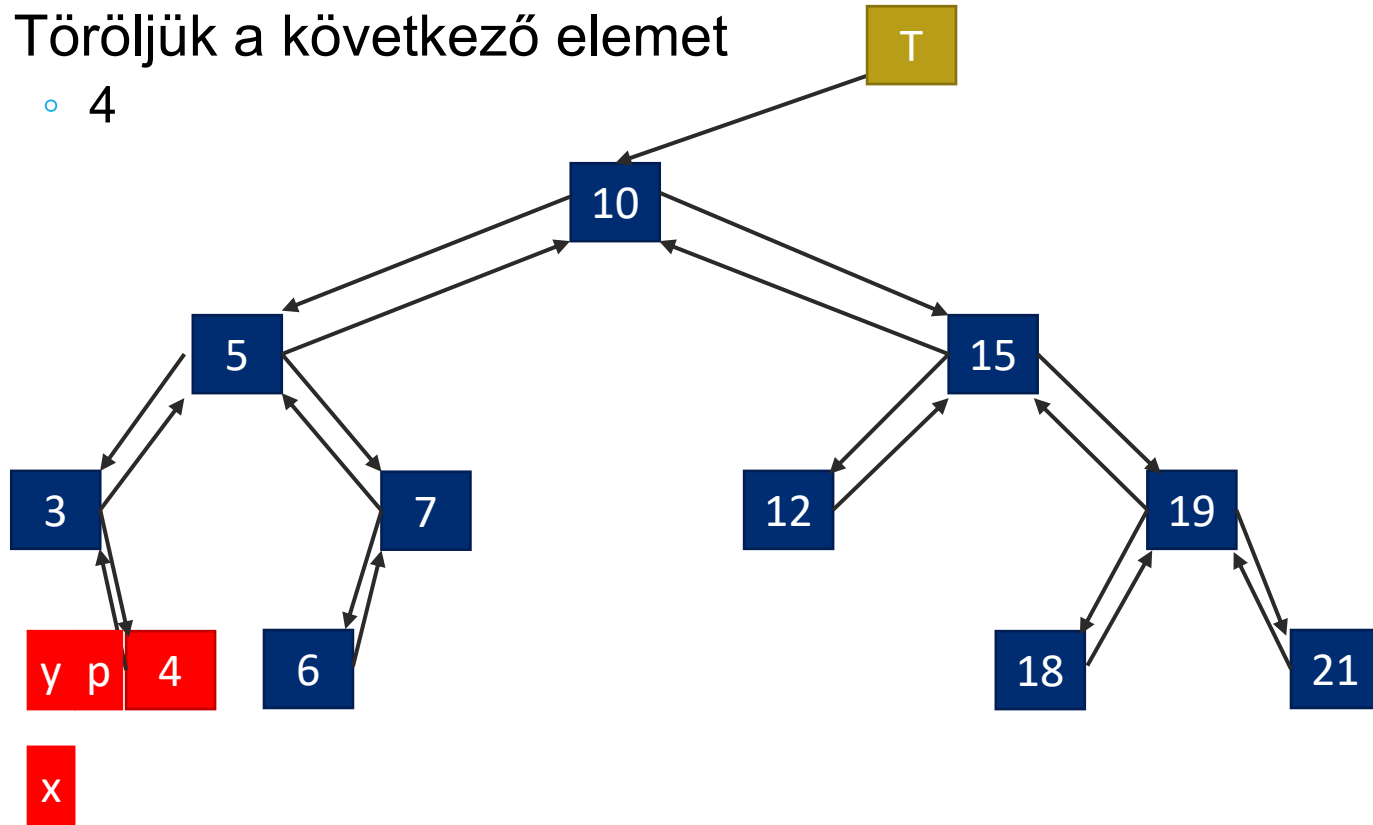
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then $y \leftarrow p$

else $y \leftarrow \text{Fában-következő}(T, p)$

if bal[y] \neq NIL

then $x \leftarrow \text{bal}[y]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[y]$

if $x \neq \text{NIL}$

then $\text{szülő}[x] \leftarrow \text{szülő}[y]$

if $\text{szülő}[y] = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow x$

else if $y = \text{bal}[\text{szülő}[y]]$

then $\text{bal}[\text{szülő}[y]] \leftarrow x$

else $\text{jobb}[\text{szülő}[y]] \leftarrow x$

if $y \neq p$

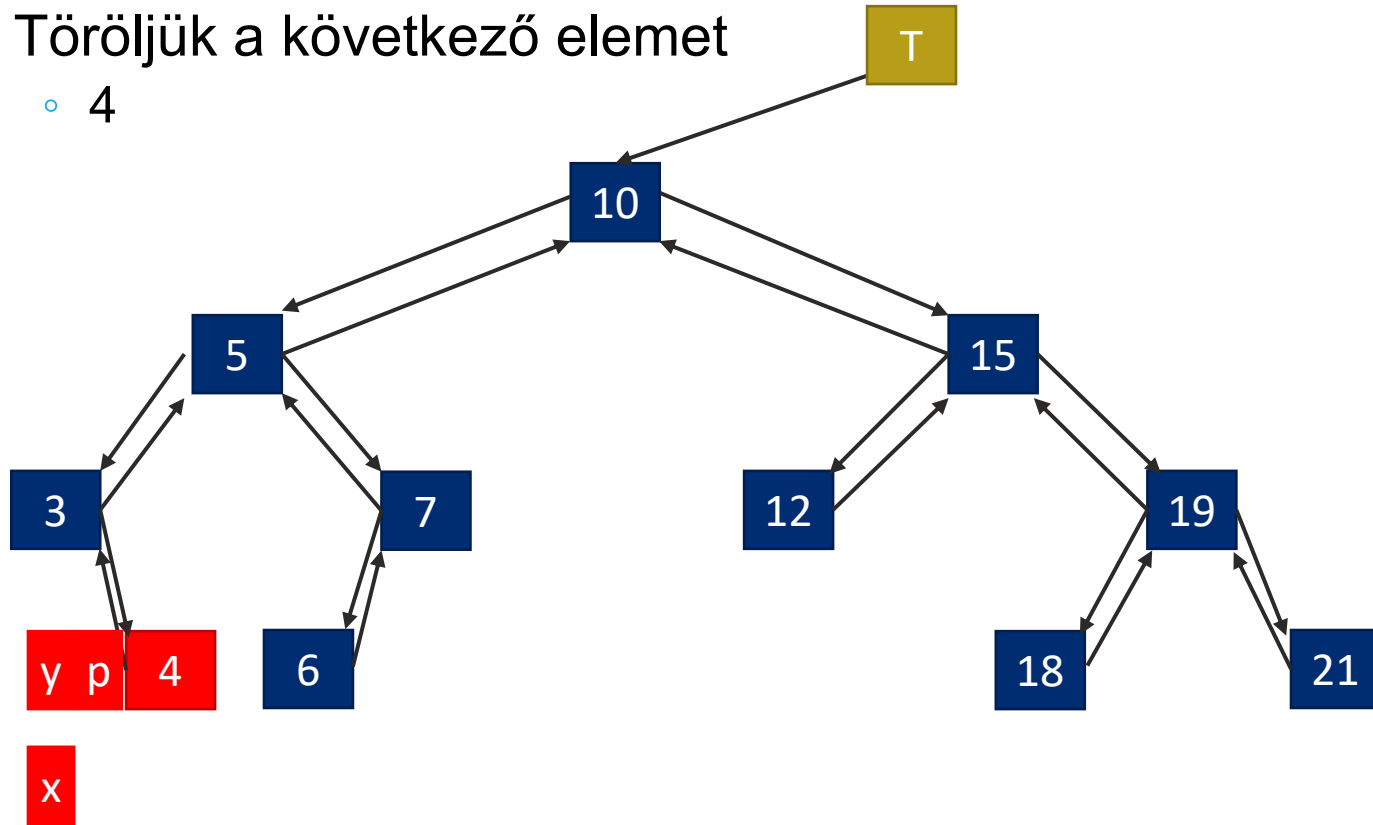
then $\text{kulcs}[p] \leftarrow \text{kulcs}[y]$

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



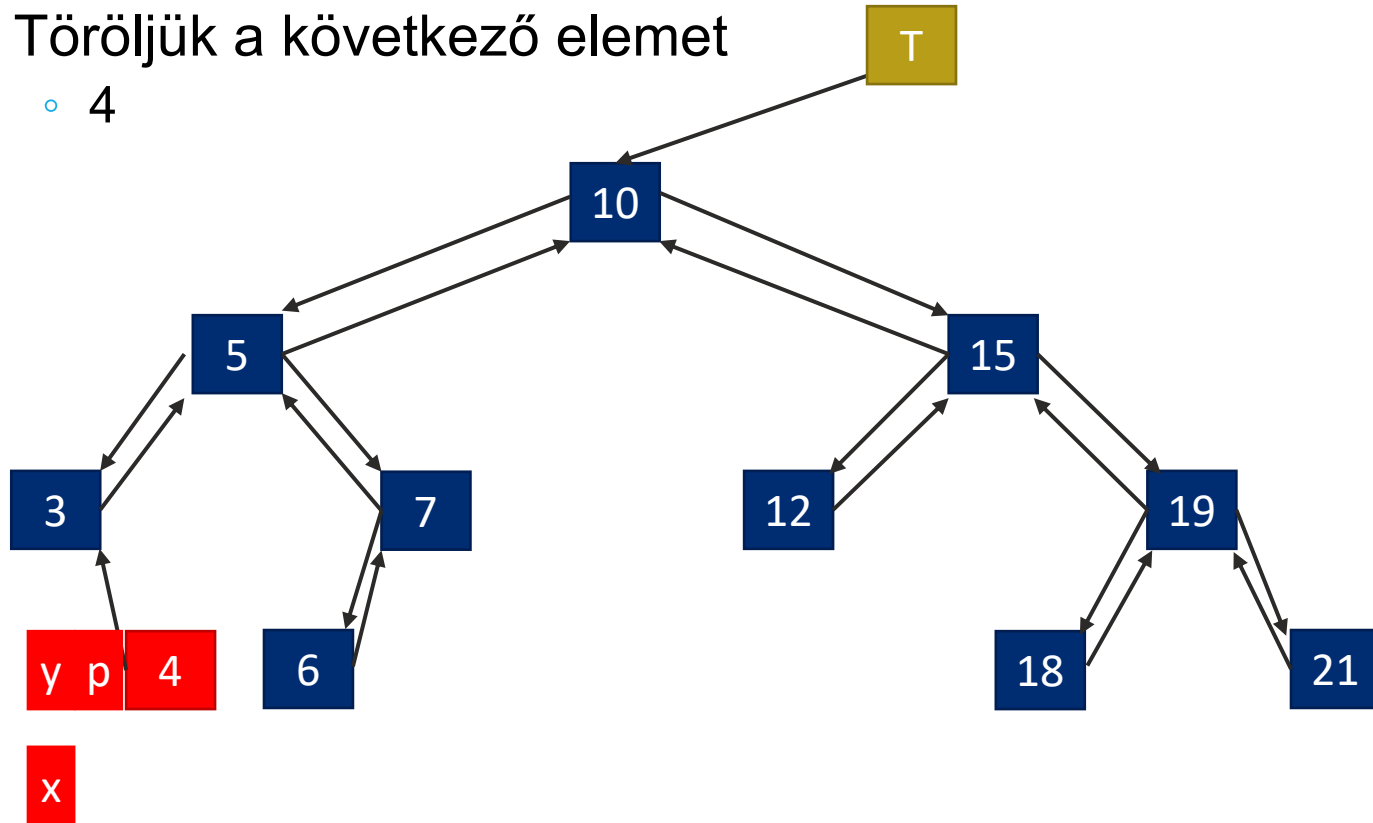
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
  if szülő[y] = NIL
    then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
```

```
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

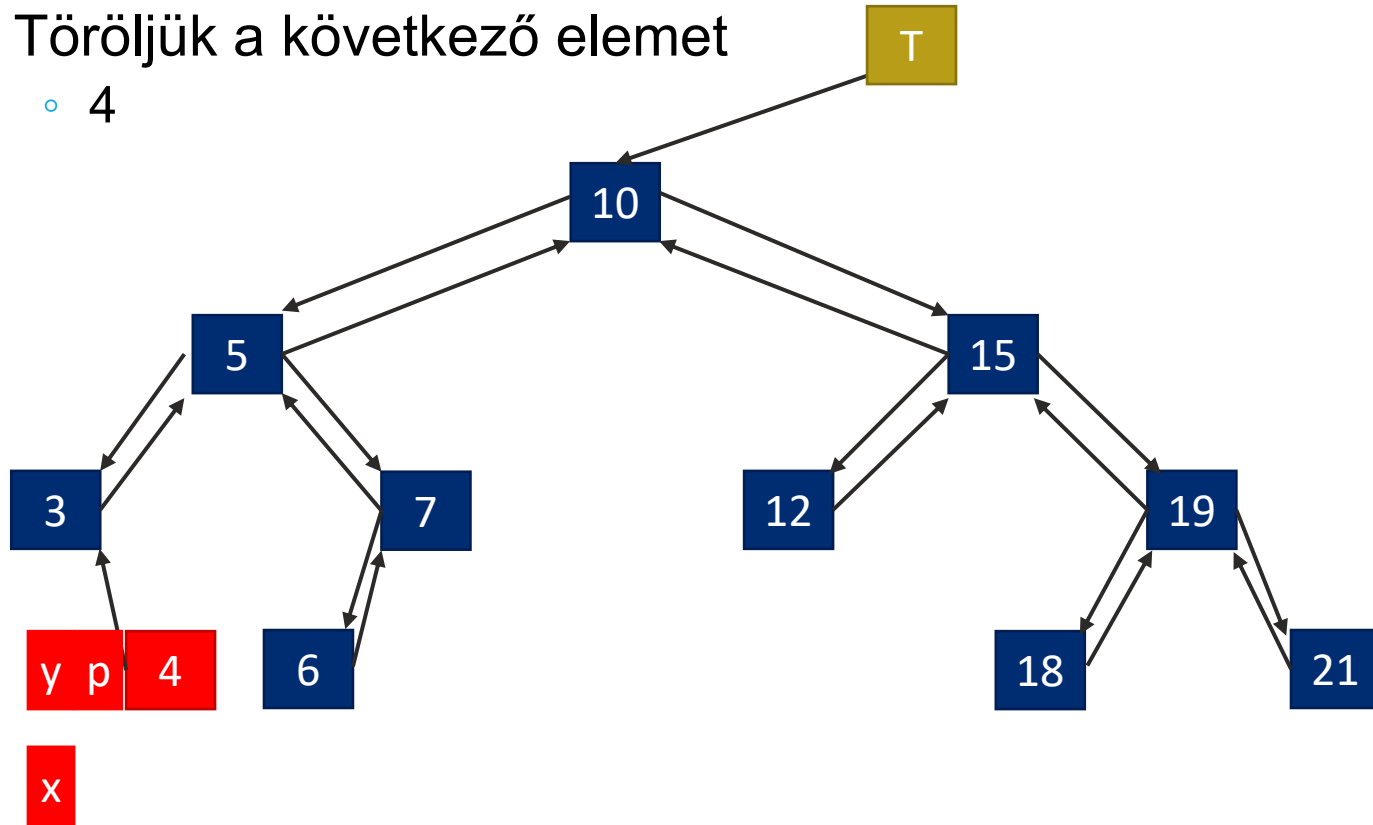
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then $y \leftarrow p$

else $y \leftarrow \text{Fában-következő}(T, p)$

if bal[y] \neq NIL

then $x \leftarrow \text{bal}[y]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[y]$

if $x \neq \text{NIL}$

then $\text{szülő}[x] \leftarrow \text{szülő}[y]$

if $\text{szülő}[y] = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow x$

else if $y = \text{bal}[\text{szülő}[y]]$

then $\text{bal}[\text{szülő}[y]] \leftarrow x$

else $\text{jobb}[\text{szülő}[y]] \leftarrow x$

if $y \neq p$

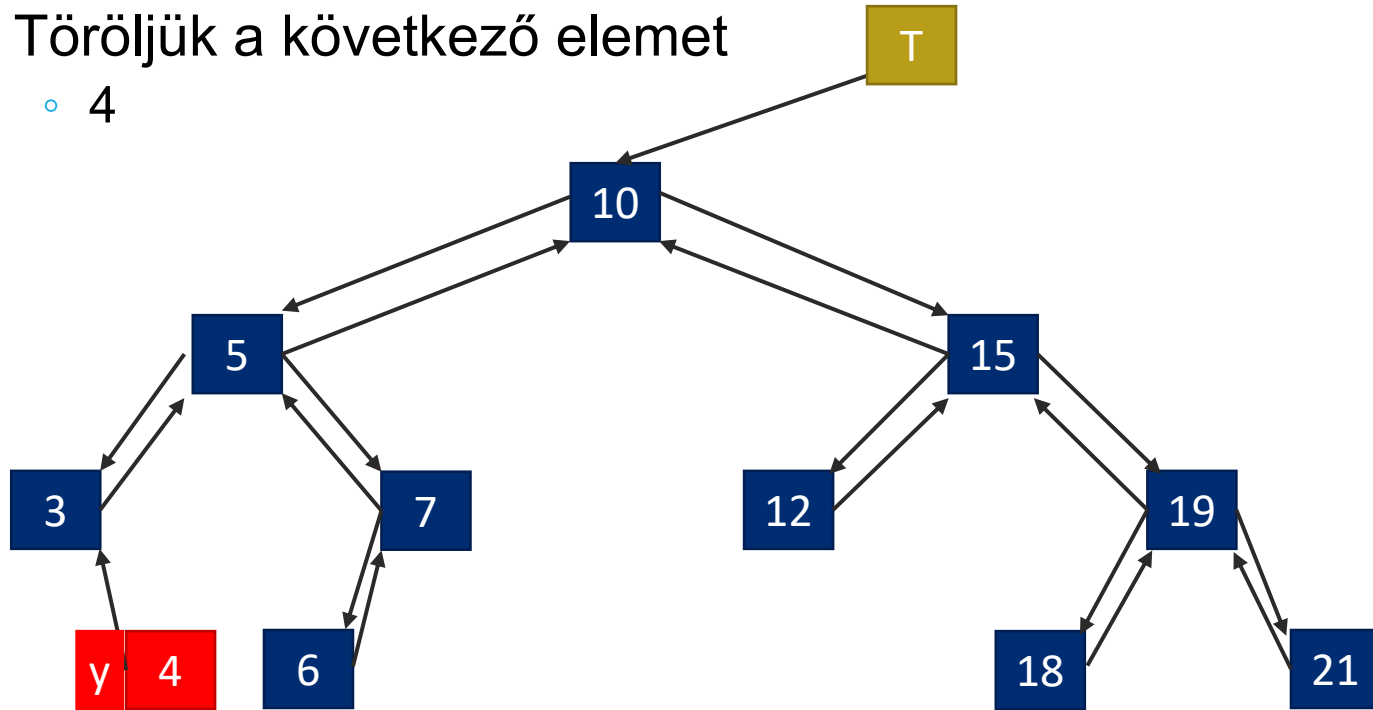
then $\text{kulcs}[p] \leftarrow \text{kulcs}[y]$

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 4



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then $y \leftarrow p$

else $y \leftarrow$ Fában-következő(T, p)

if bal[y] \neq NIL

then $x \leftarrow$ bal[y]

else $x \leftarrow$ jobb[y]

if $x \neq$ NIL

then szülő[x] \leftarrow szülő[y]

if szülő[y] = NIL

then gyökér[T] \leftarrow x

else if $y =$ bal[szülő[y]]

then bal[szülő[y]] \leftarrow x

else jobb[szülő[y]] \leftarrow x

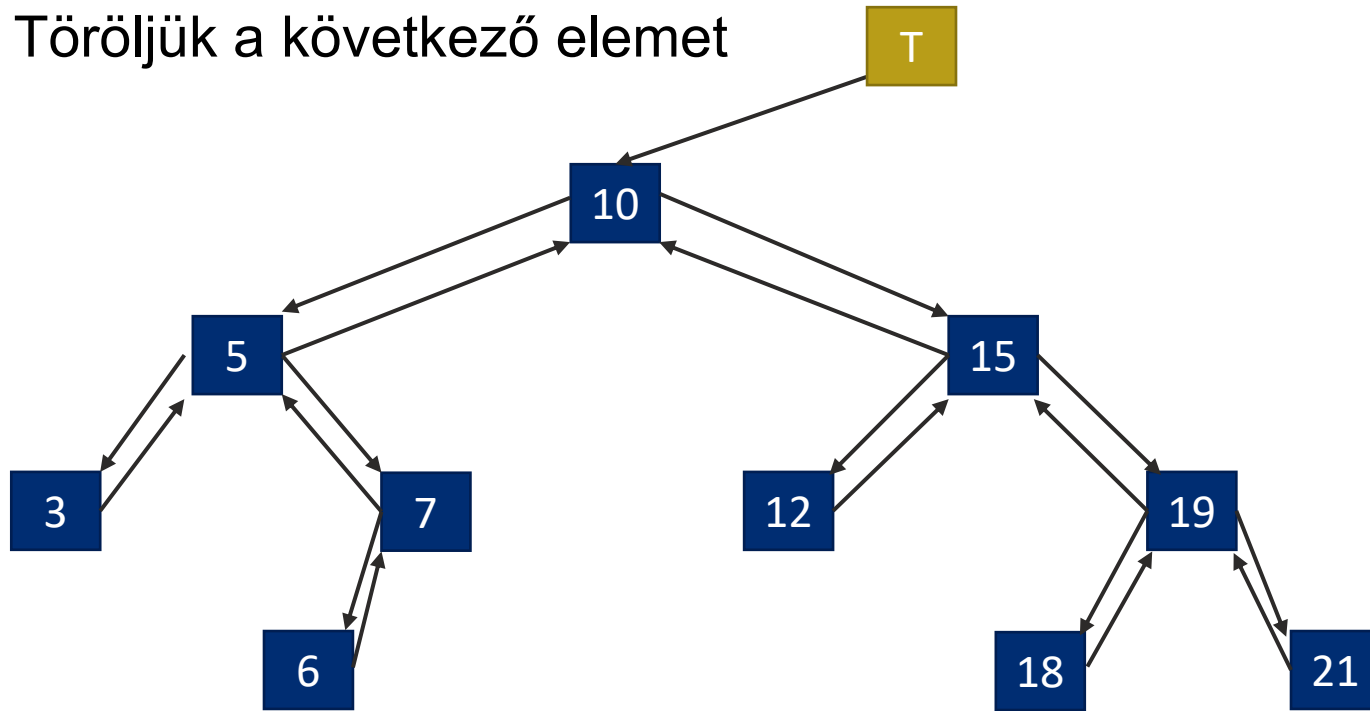
if $y \neq p$

then kulcs[p] \leftarrow kulcs[y]

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet



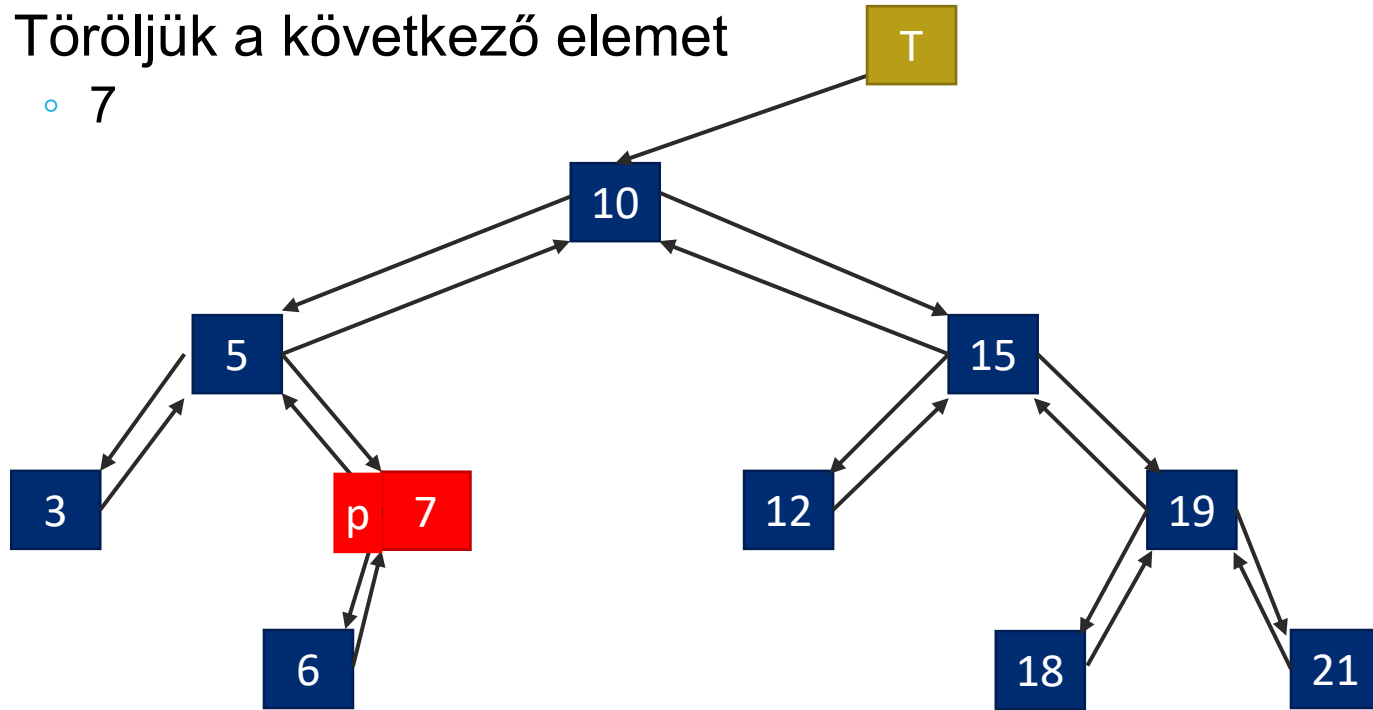
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



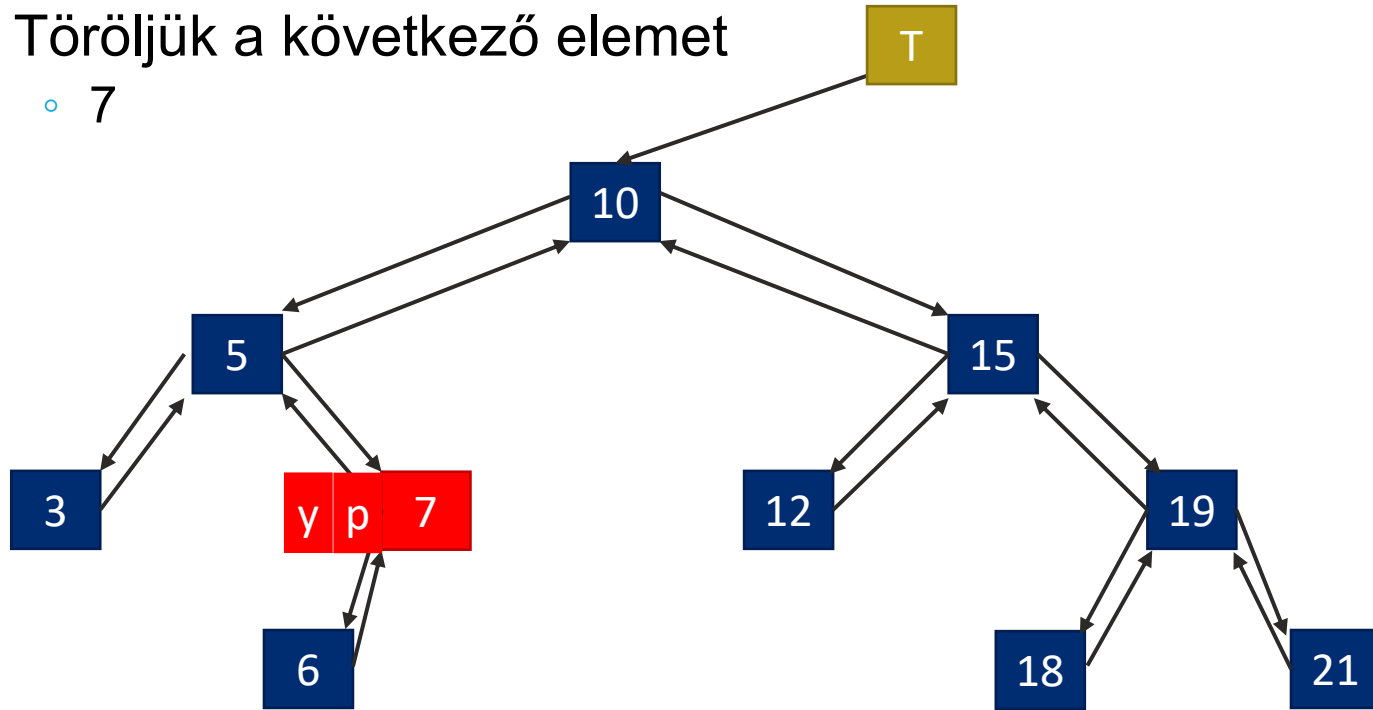
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



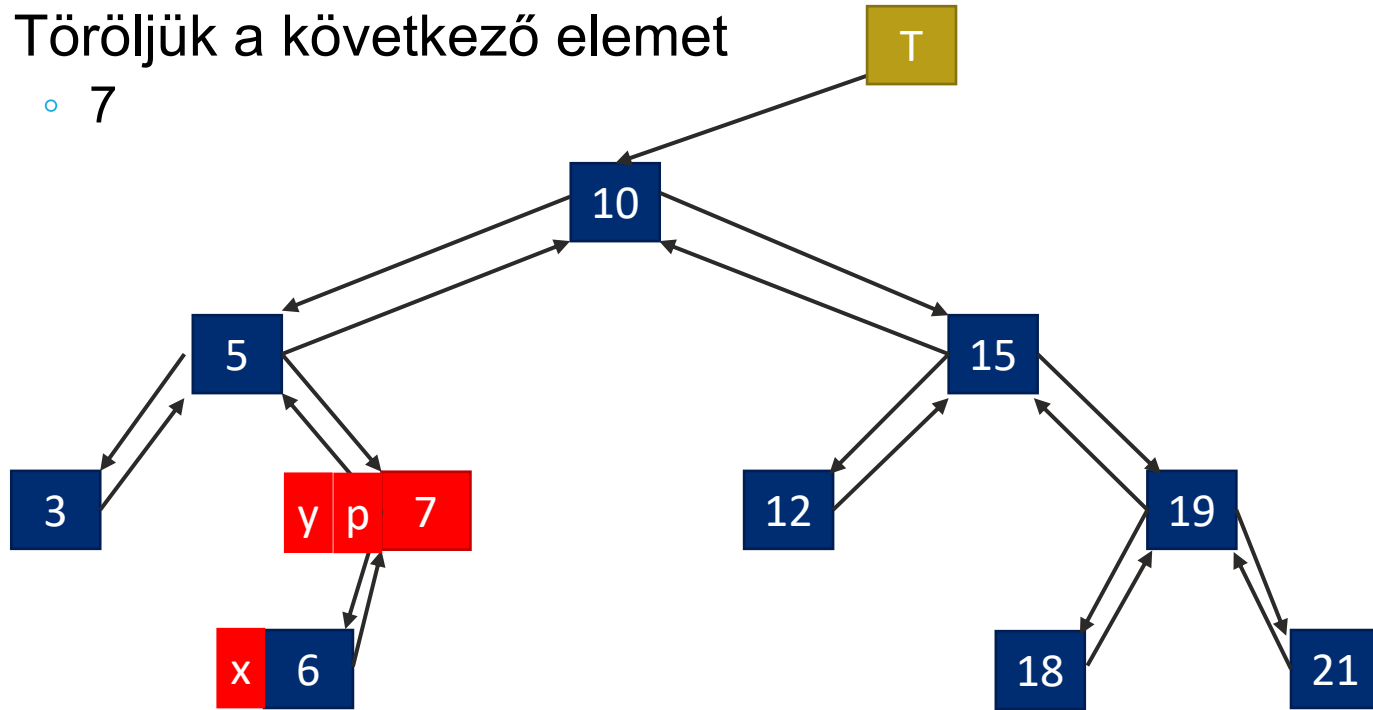
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL  
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

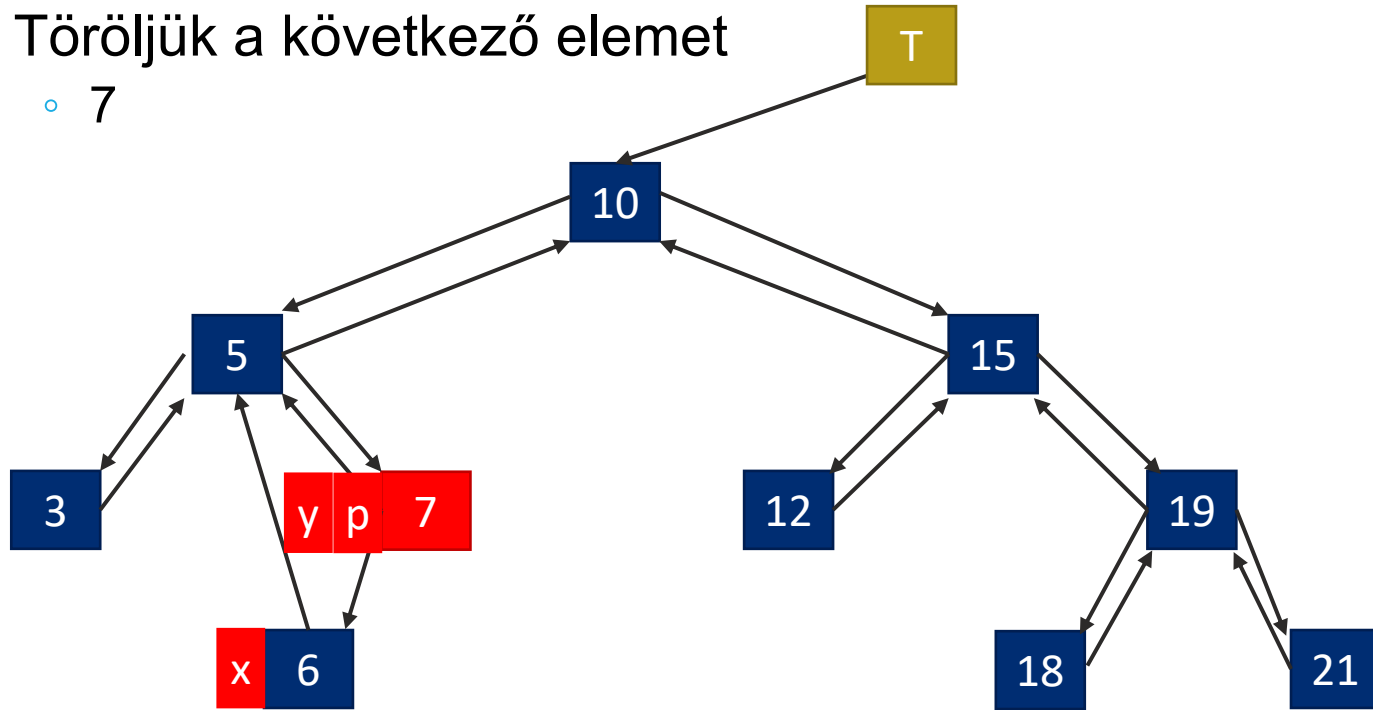
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
```

```
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

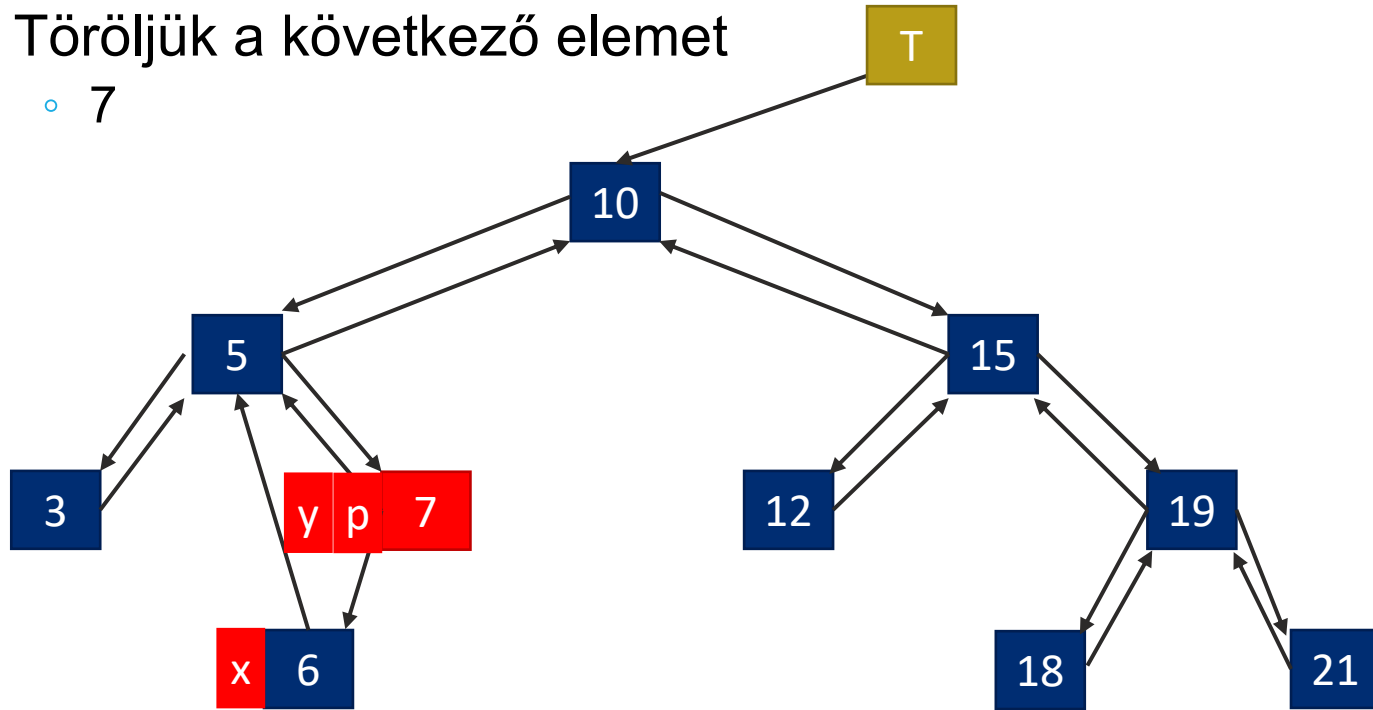
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



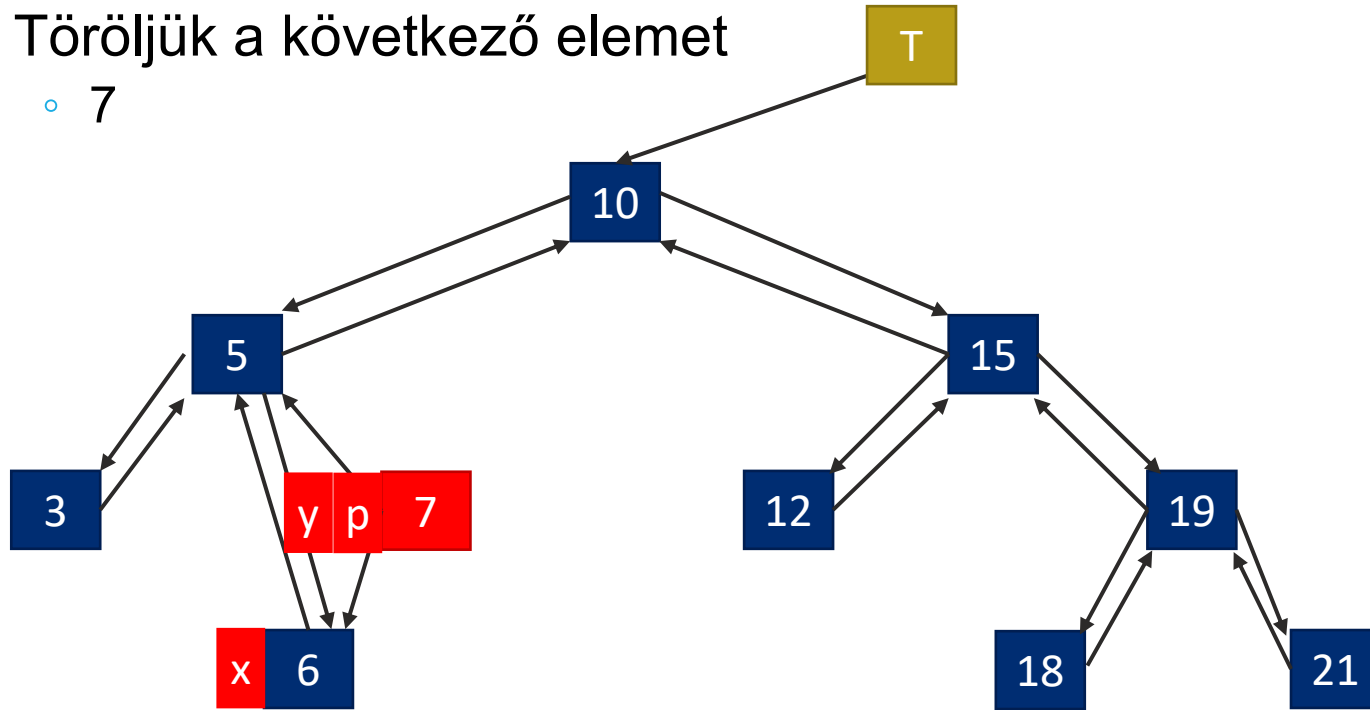
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
  if szülő[y] = NIL
    then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
```

```
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

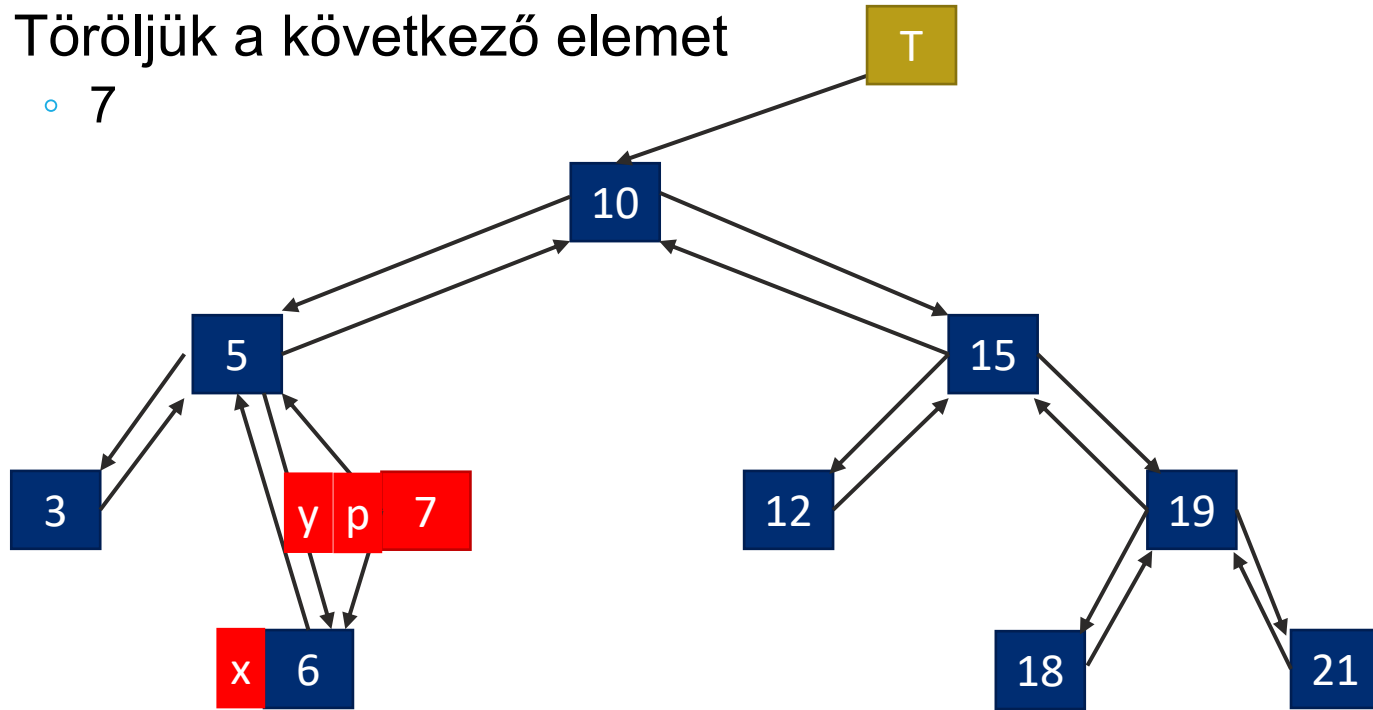
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
```

```
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

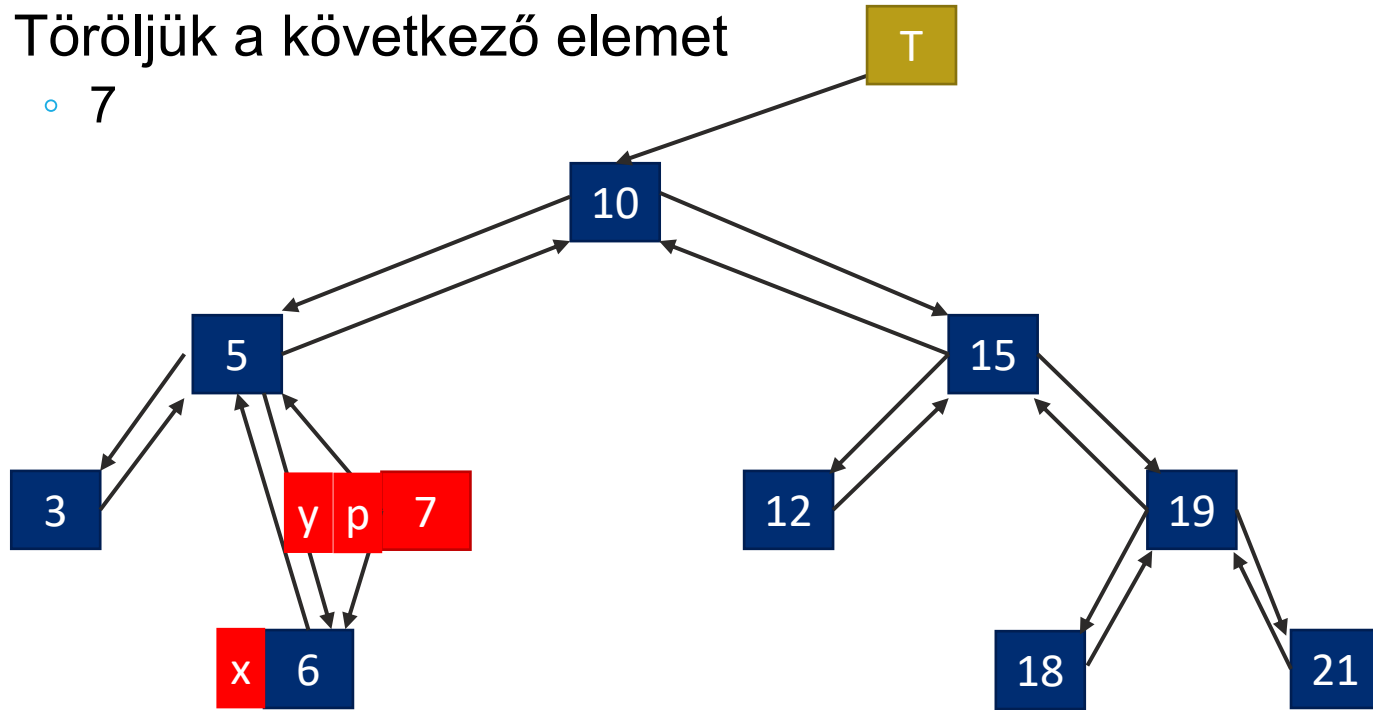
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 7



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
```

```
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

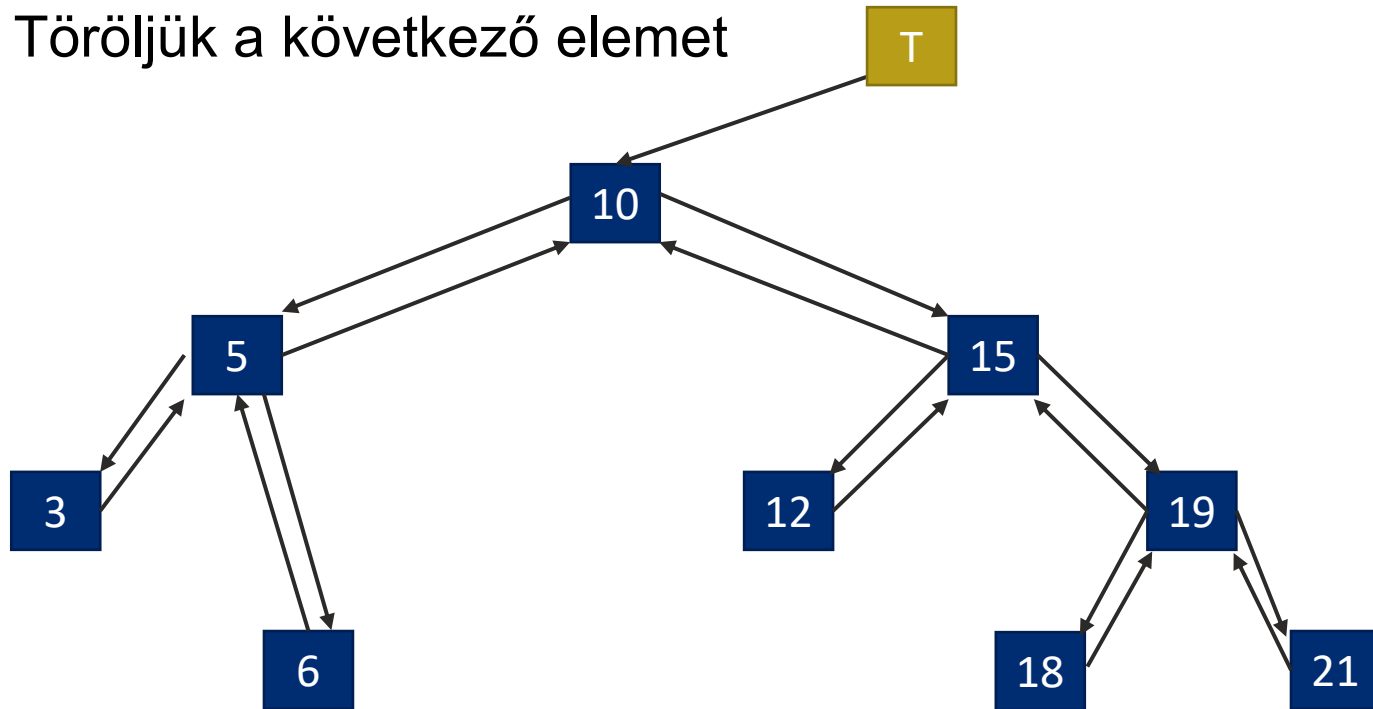
```
if y ≠ p
```

```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

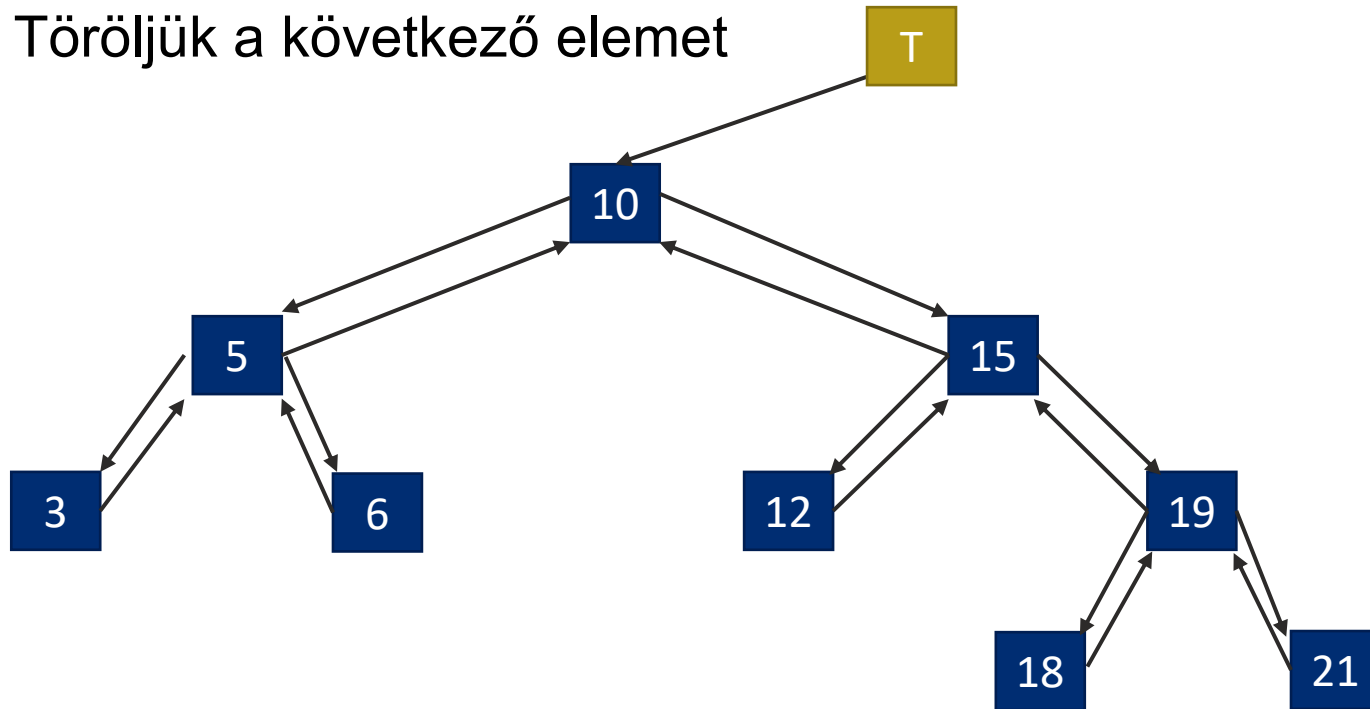


Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet



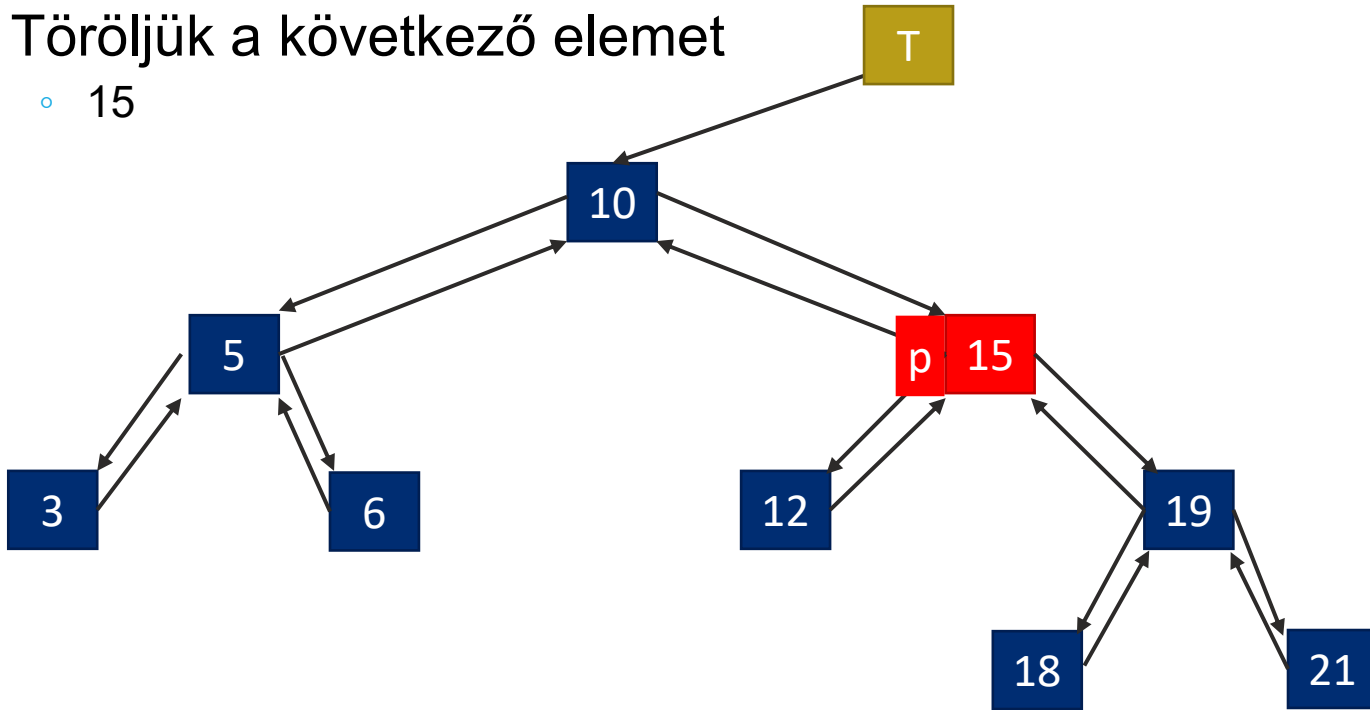
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



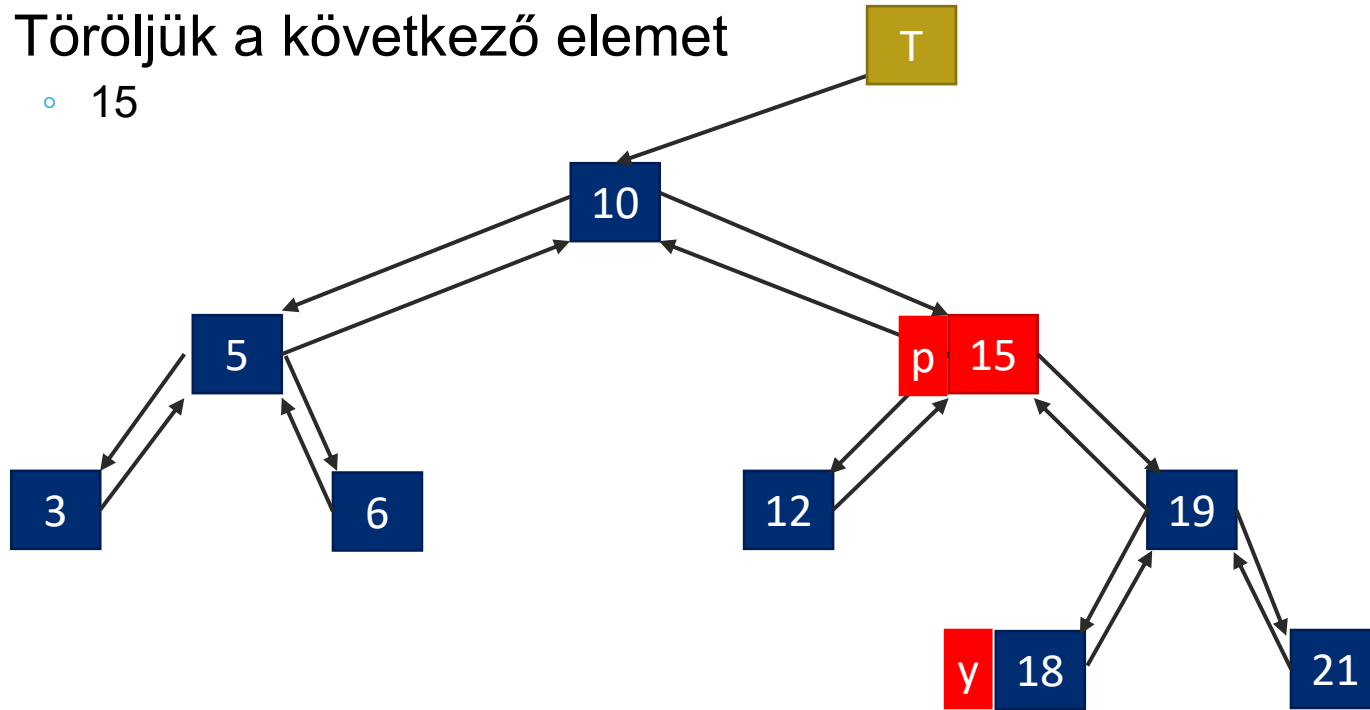
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



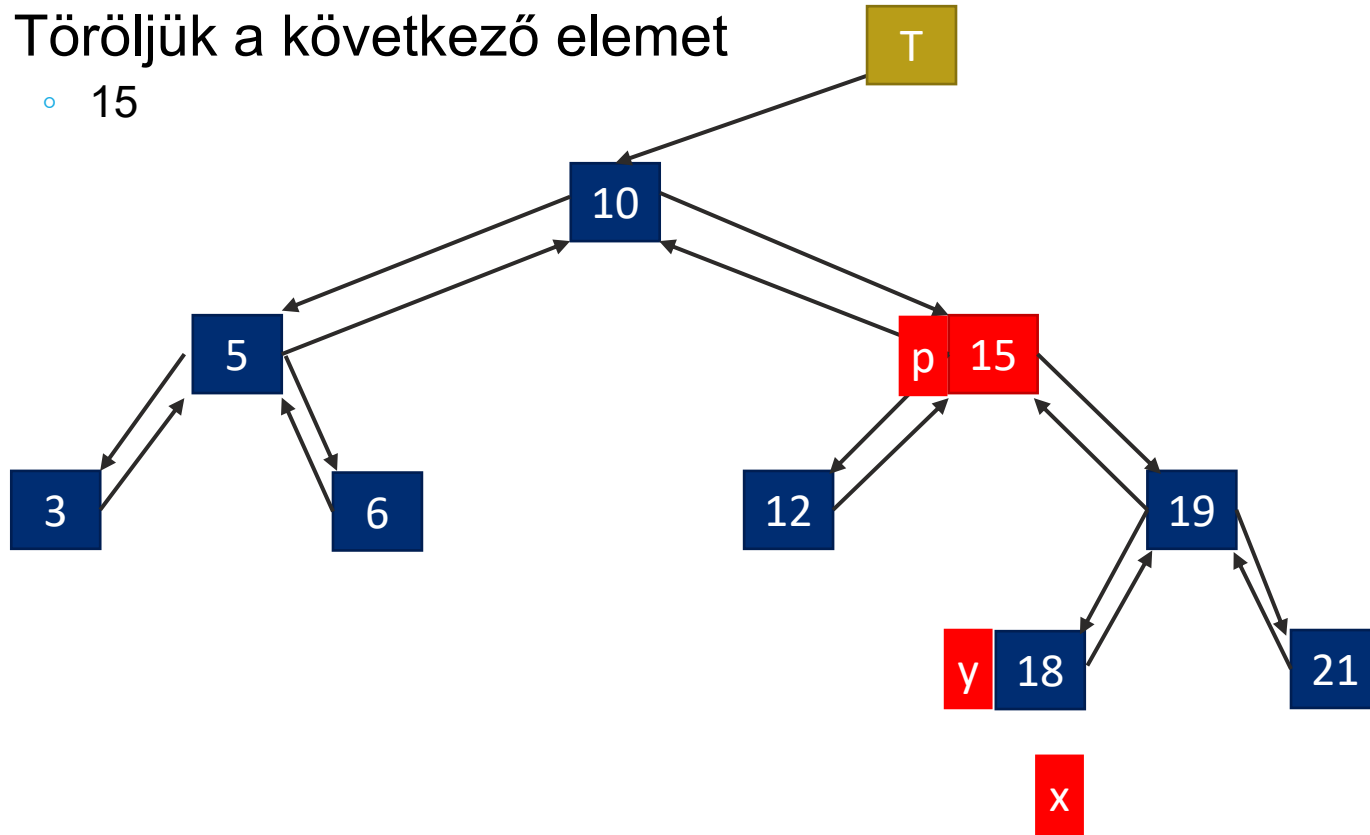
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
```

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then x ← bal[y]
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] = NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else jobb[szülő[y]] ← x
```

```
if y ≠ p
```

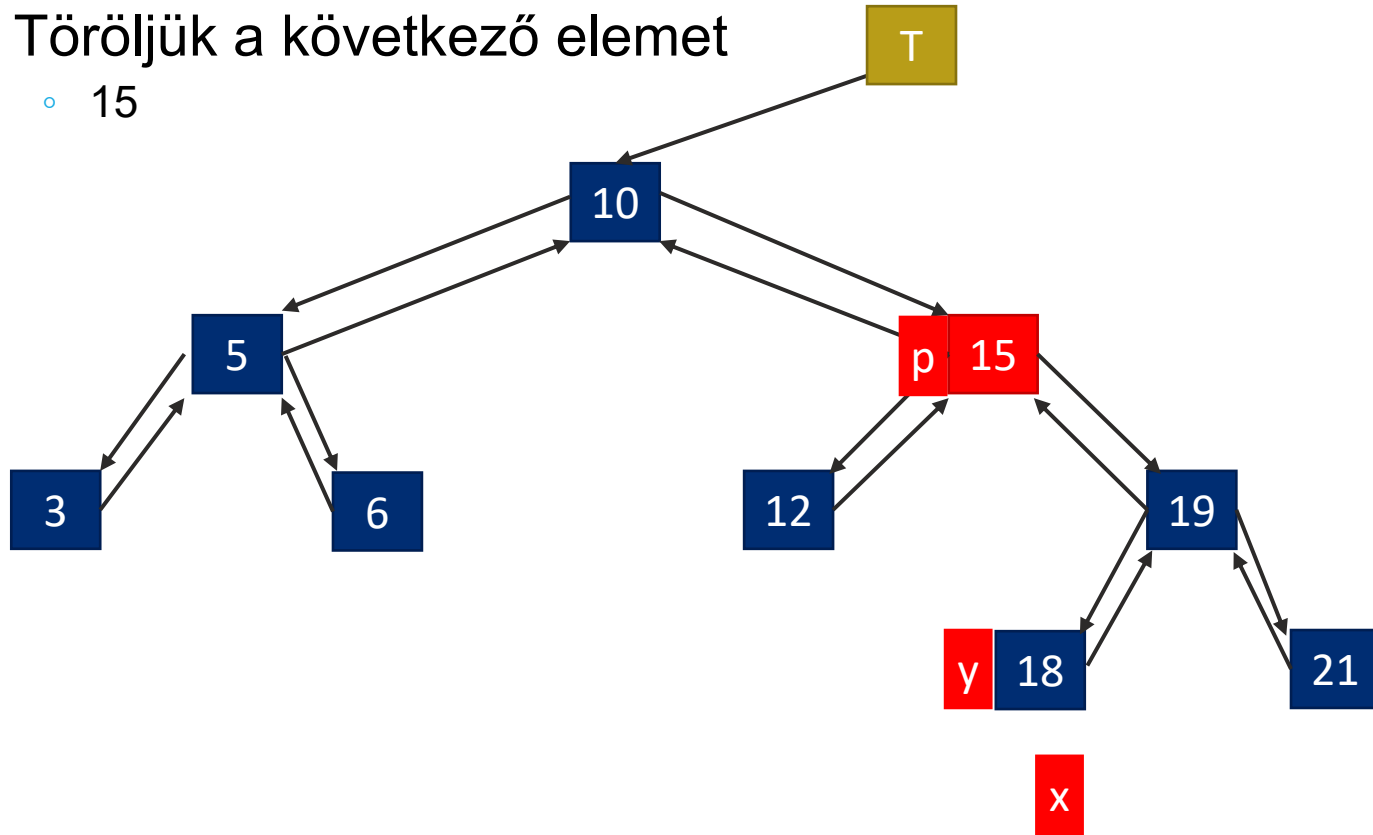
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then $y \leftarrow p$

else $y \leftarrow \text{Fában-következő}(T, p)$

if bal[y] \neq NIL

then $x \leftarrow \text{bal}[y]$

else $x \leftarrow \text{jobb}[y]$

if $x \neq \text{NIL}$

then $\text{szülő}[x] \leftarrow \text{szülő}[y]$

if $\text{szülő}[y] = \text{NIL}$

then $\text{gyökér}[T] \leftarrow x$

else if $y = \text{bal}[\text{szülő}[y]]$

then $\text{bal}[\text{szülő}[y]] \leftarrow x$

else $\text{jobb}[\text{szülő}[y]] \leftarrow x$

if $y \neq p$

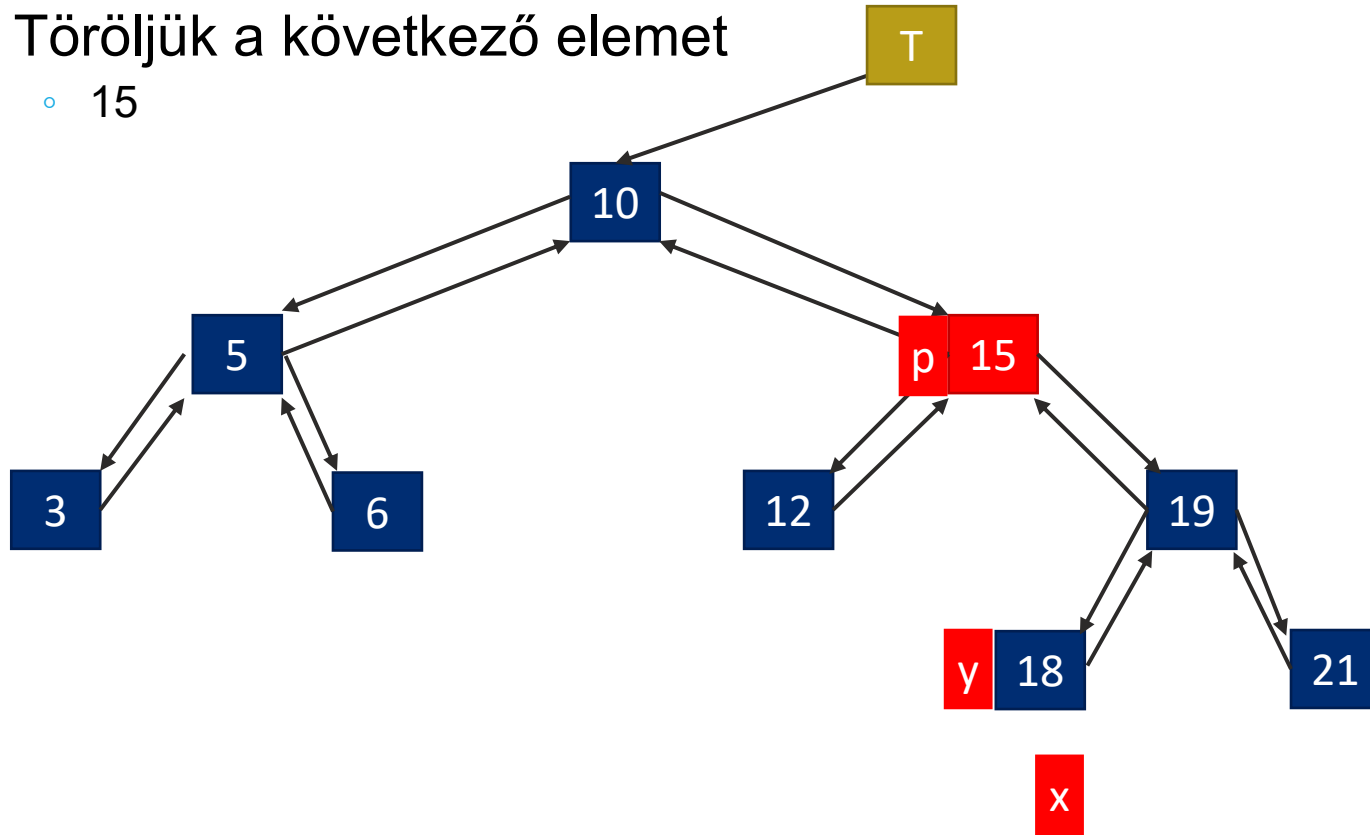
then $\text{kulcs}[p] \leftarrow \text{kulcs}[y]$

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



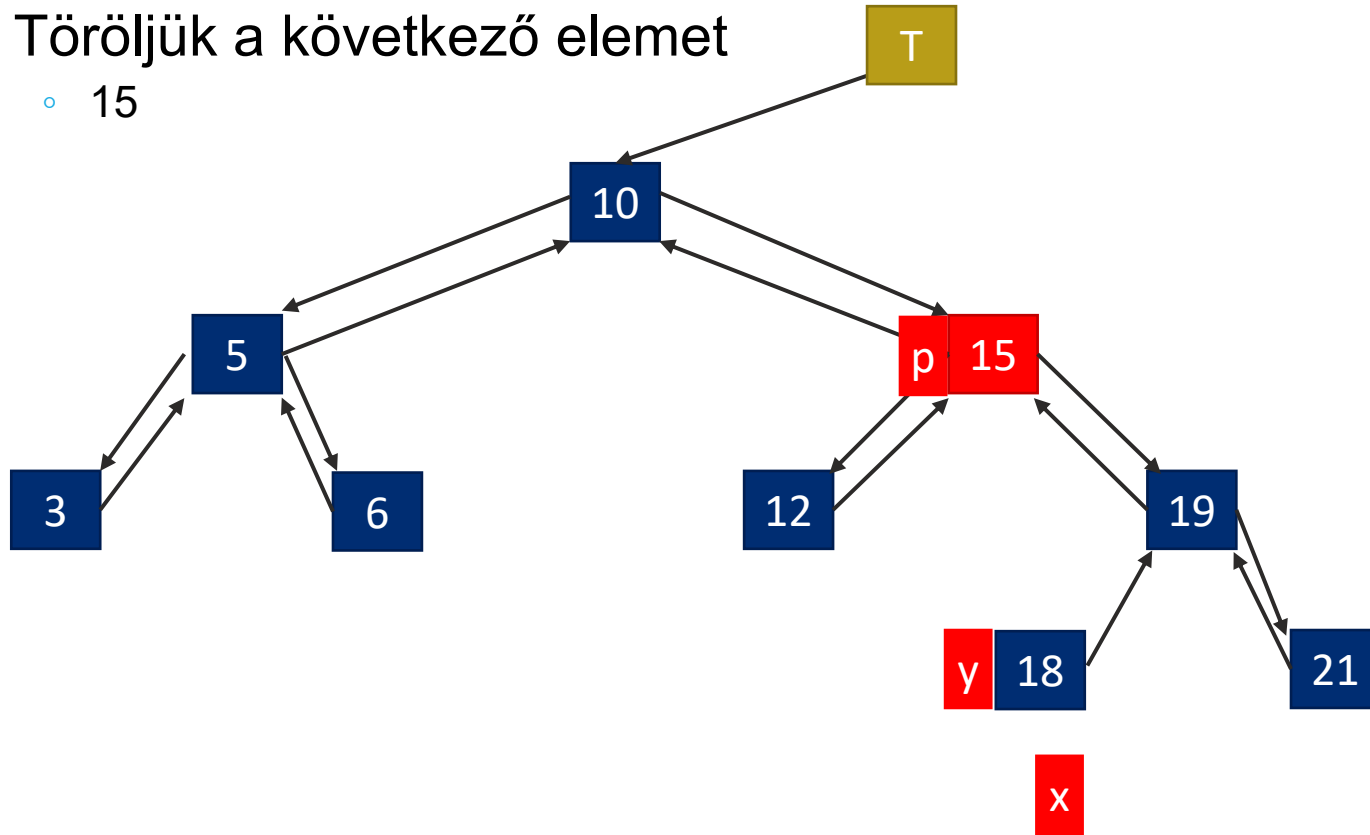
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



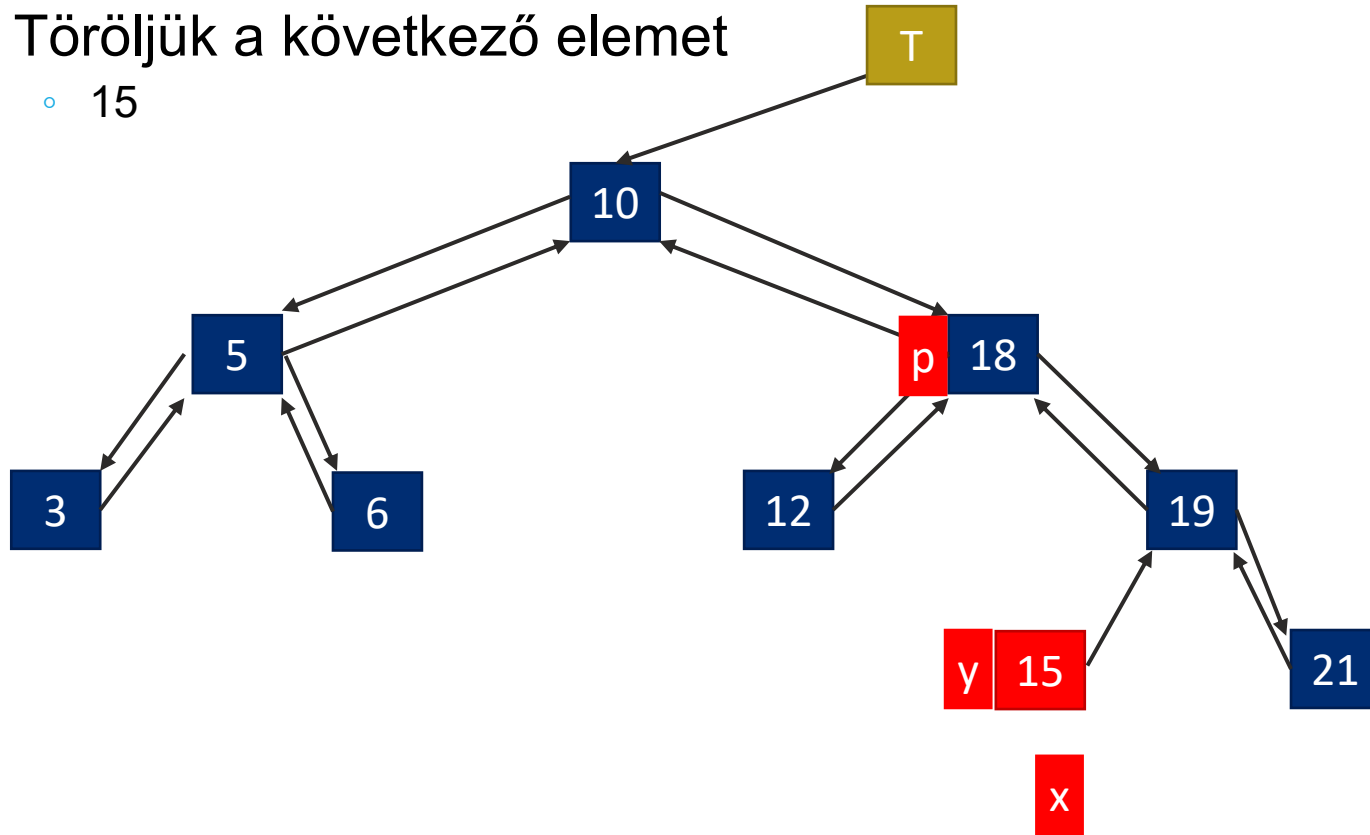
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then y ← p

else y ← Fában-következő(T, p)

if bal[y] ≠ NIL

then x ← bal[y]

else x ← jobb[y]

if x ≠ NIL

then szülő[x] ← szülő[y]

if szülő[y] = NIL

then gyökér[T] ← x

else if y = bal[szülő[y]]

then bal[szülő[y]] ← x

else jobb[szülő[y]] ← x

if y ≠ p

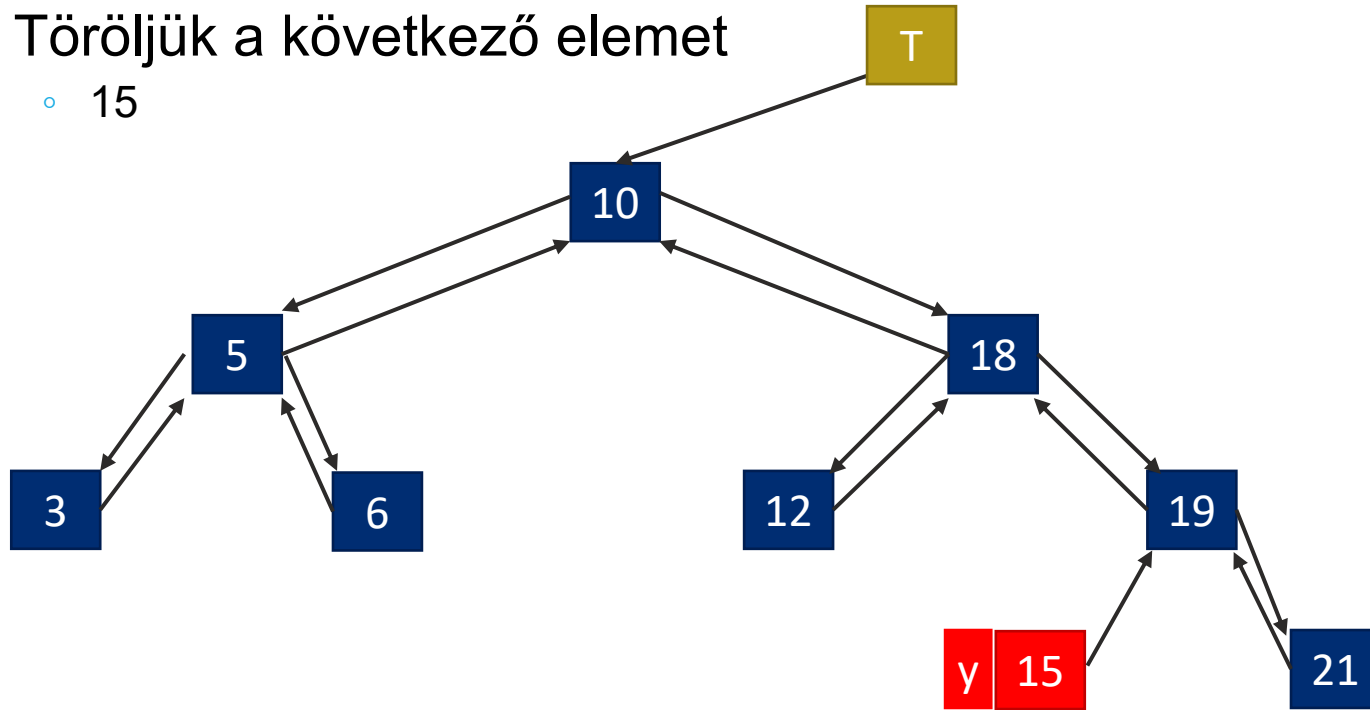
then kulcs[p] ← kulcs[y]

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 15

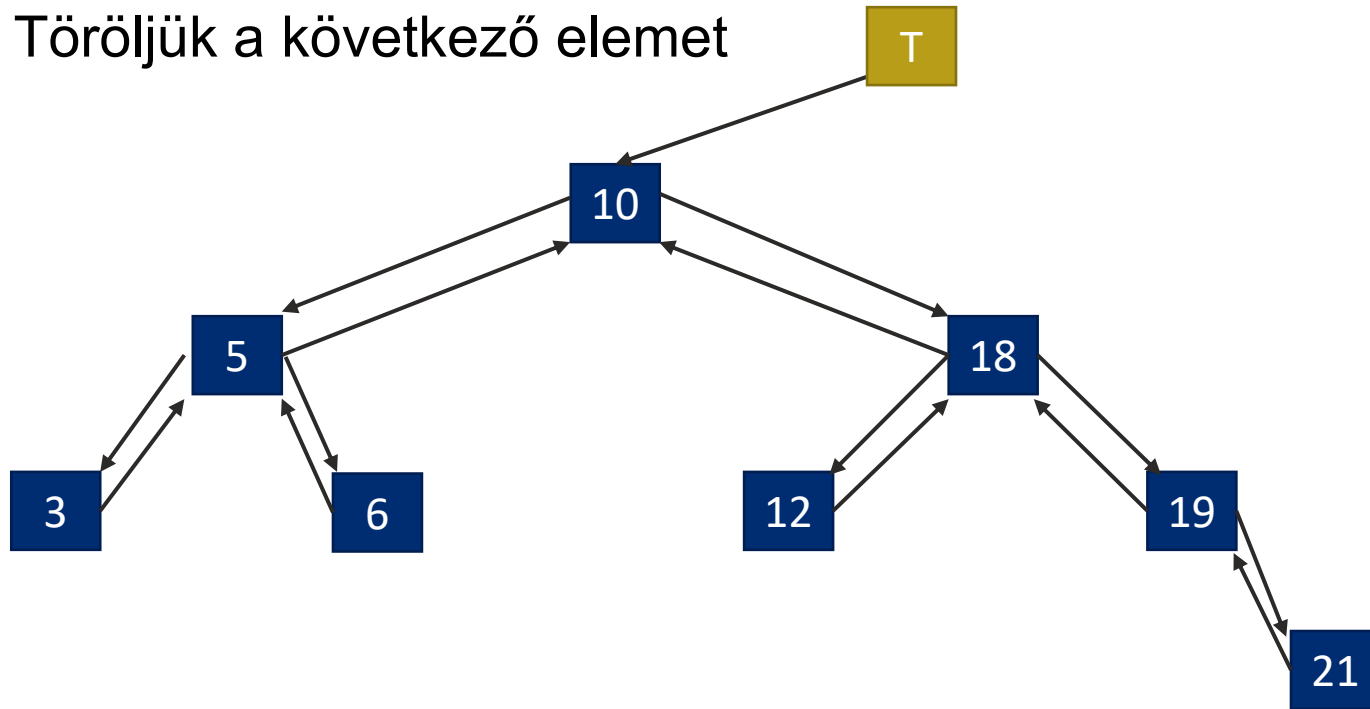


Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet



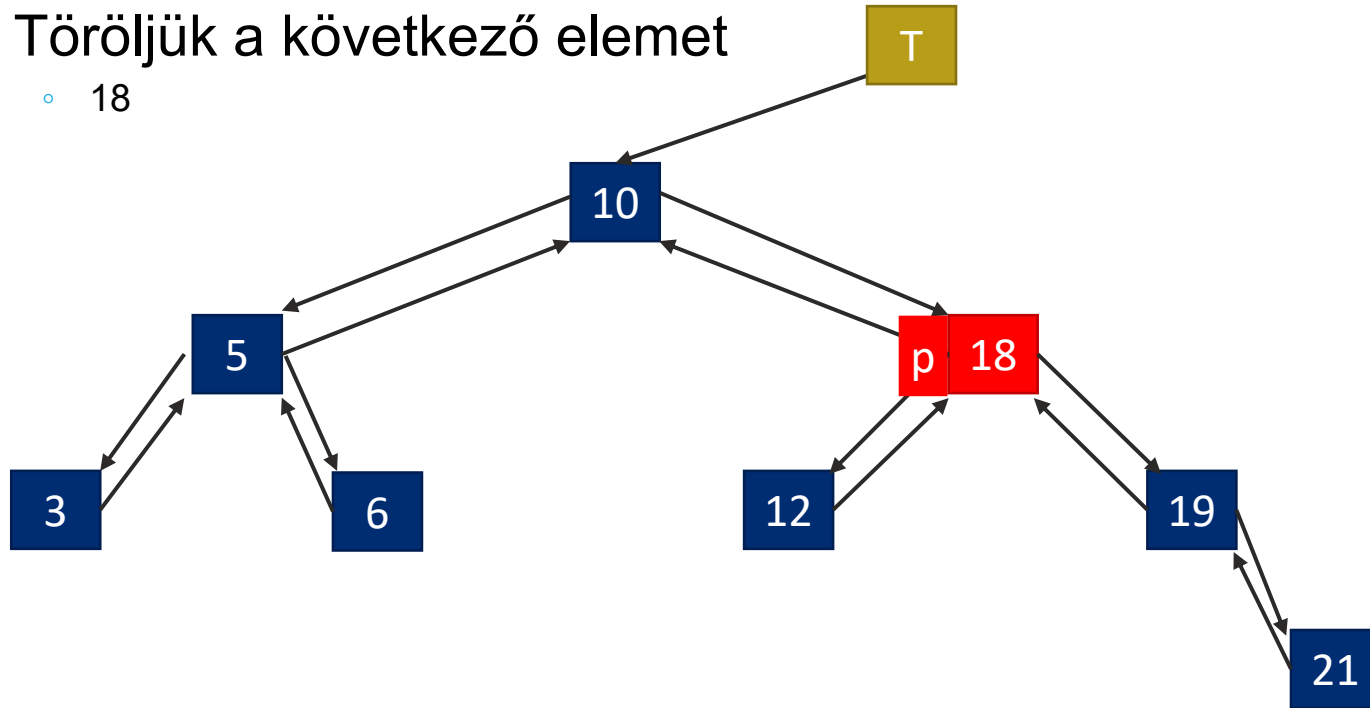
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

• 18



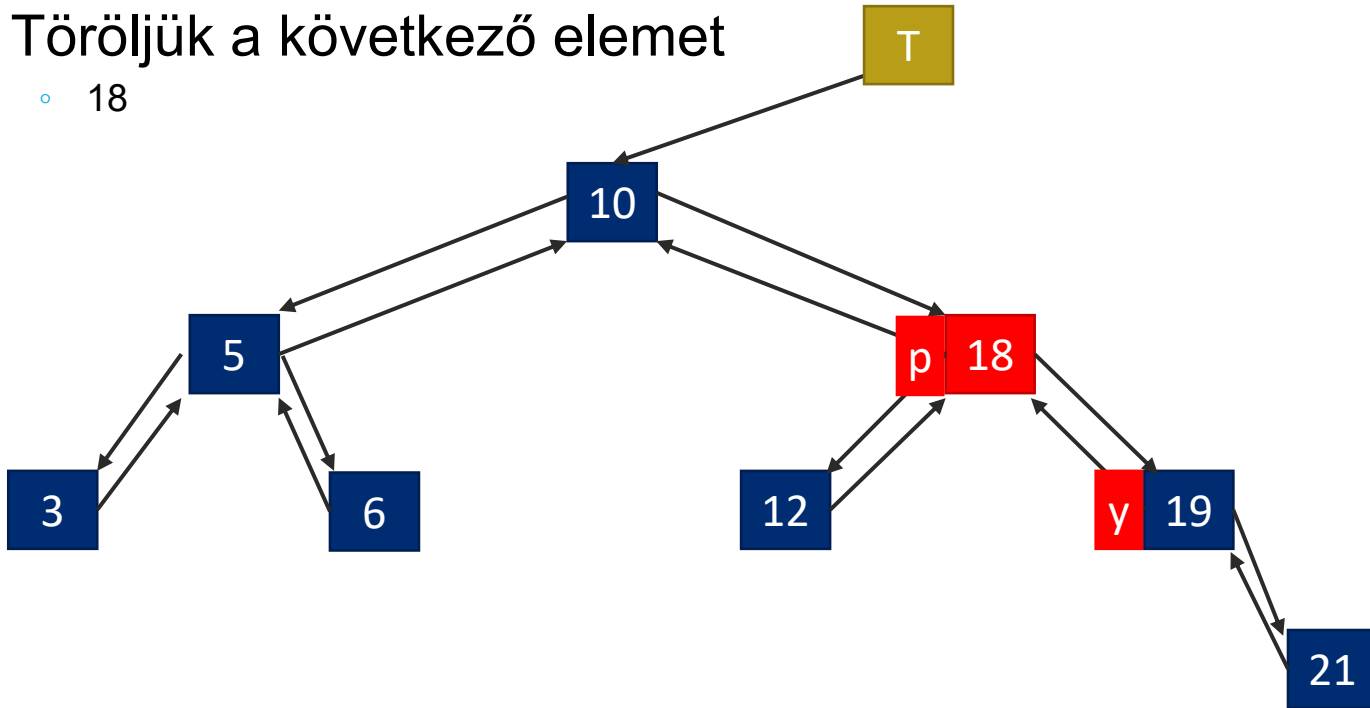
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

• 18



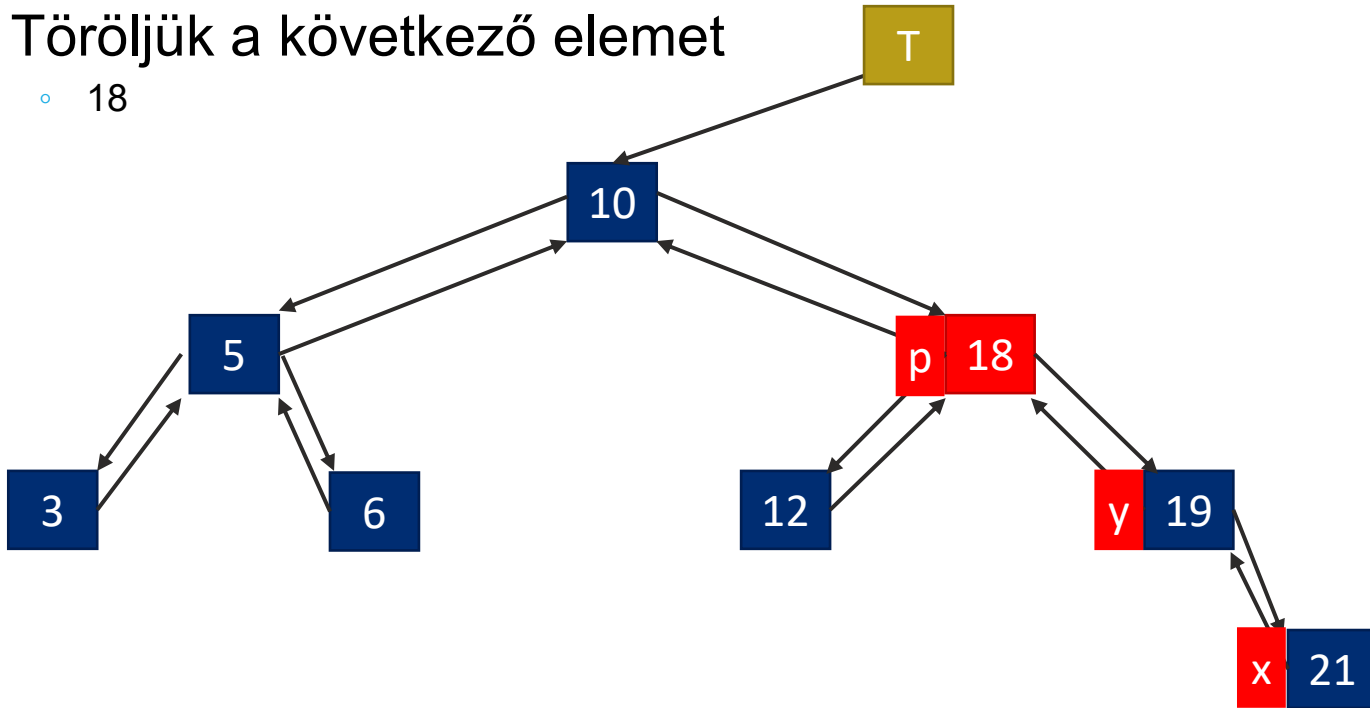
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 18



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then y ← p

else y ← Fában-következő(T, p)

if bal[y] ≠ NIL

then x ← bal[y]

else x ← jobb[y]

if x ≠ NIL

then szülő[x] ← szülő[y]

if szülő[y] = NIL

then gyökér[T] ← x

else if y = bal[szülő[y]]

then bal[szülő[y]] ← x

else jobb[szülő[y]] ← x

if y ≠ p

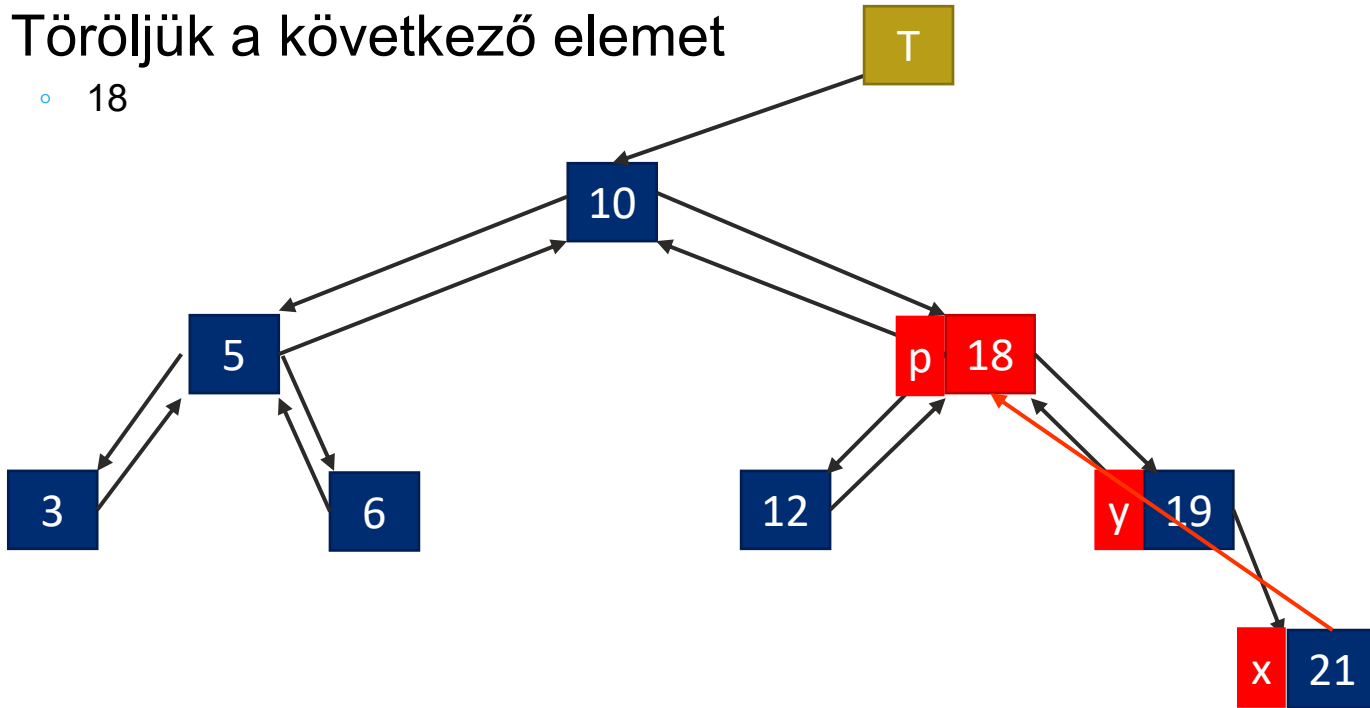
then kulcs[p] ← kulcs[y]

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

• 18



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then $y \leftarrow p$

else $y \leftarrow$ Fában-következő(T, p)

if bal[y] \neq NIL

then $x \leftarrow$ bal[y]

else $x \leftarrow$ jobb[y]

if $x \neq$ NIL

then $szülő[x] \leftarrow szülő[y]$

if $szülő[y] =$ NIL

then $gyökér[T] \leftarrow x$

else if $y =$ bal[$szülő[y]$]

then bal[$szülő[y]$] $\leftarrow x$

else jobb[$szülő[y]$] $\leftarrow x$

if $y \neq p$

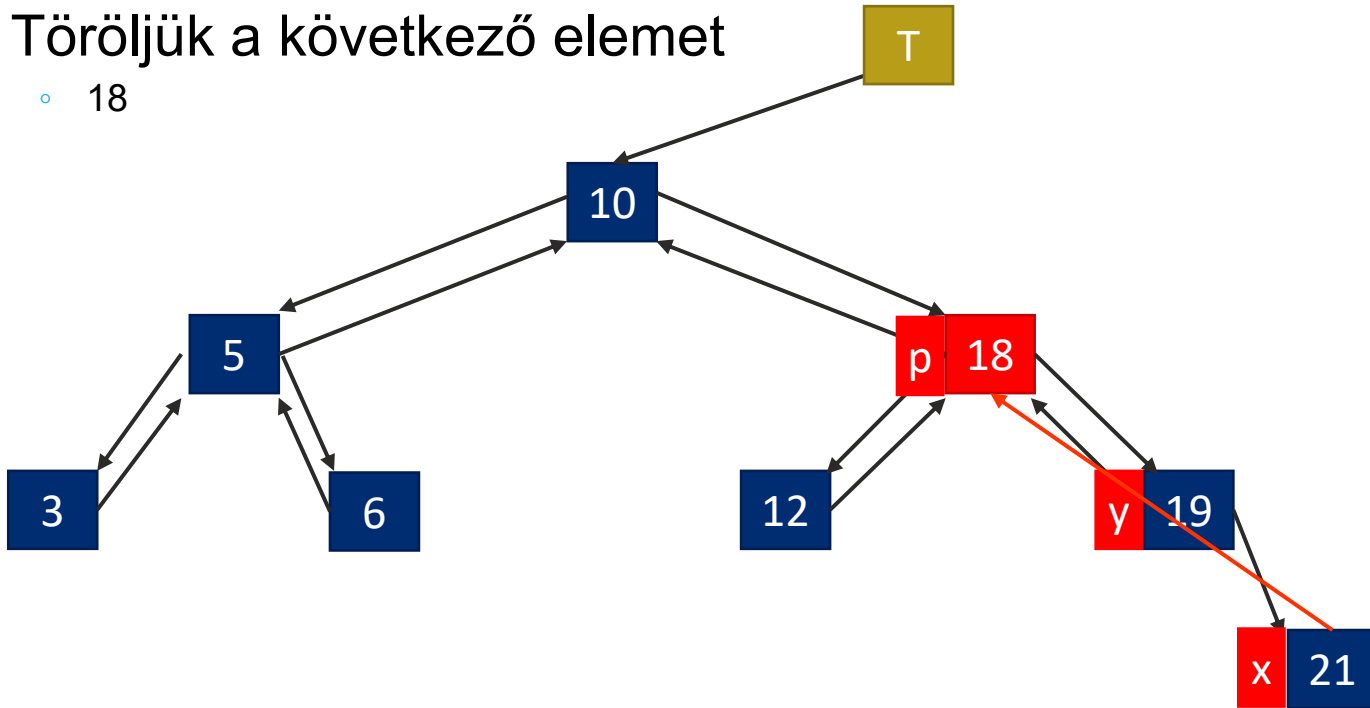
then kulcs[p] \leftarrow kulcs[y]

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 18



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
```

then $y \leftarrow p$

```
else y ← Fában-következő(T, p)
```

```
if bal[y] ≠ NIL
```

```
then  $x \leftarrow \text{bal}[y]$ 
```

```
else x ← jobb[y]
```

```
if x ≠ NIL
```

```
then szülő[x] ← szülő[y]
```

```
if szülő[y] =NIL
```

```
then gyökér[T] ← x
```

```
else if y = bal[szülő[y]]
```

```
then bal[szülő[y]] ← x
```

```
else   jobb[szülő[y]] ← x
```

if $y \neq p$

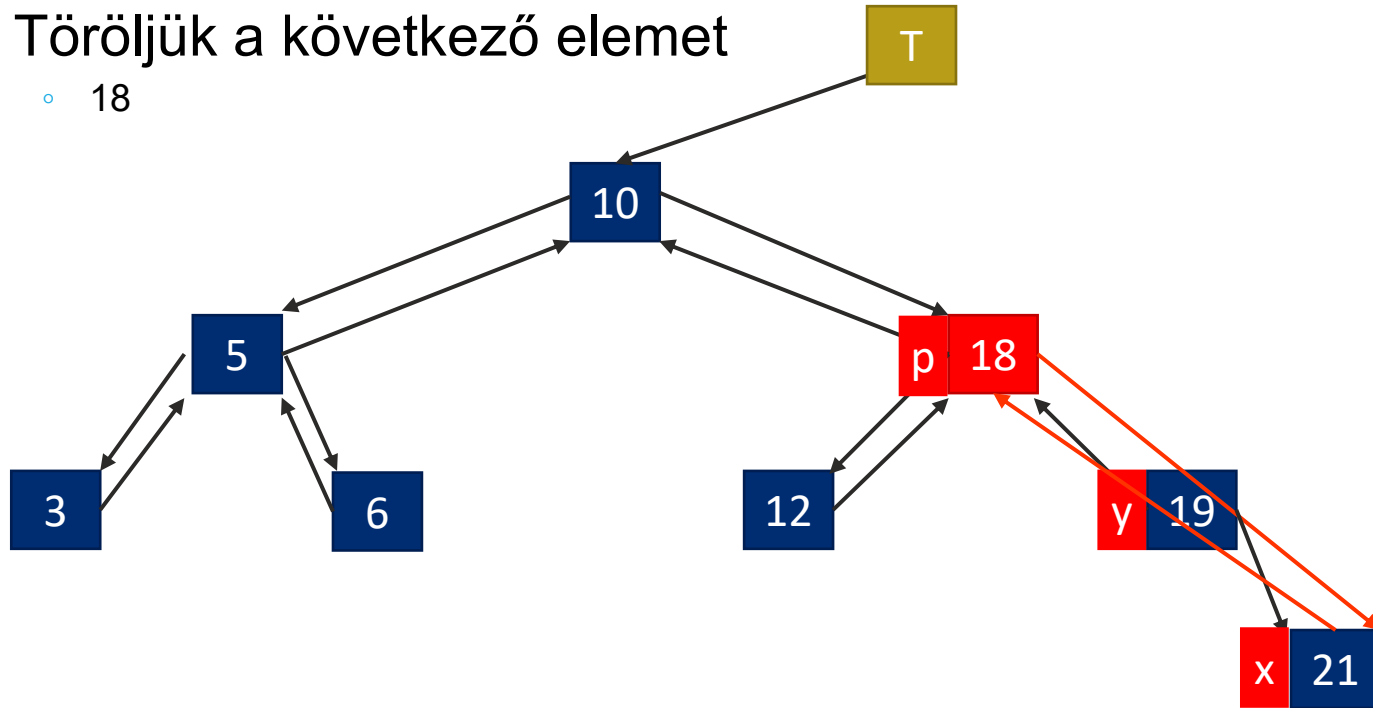
```
then kulcs[p] ← kulcs[y]
```

```
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

• 18



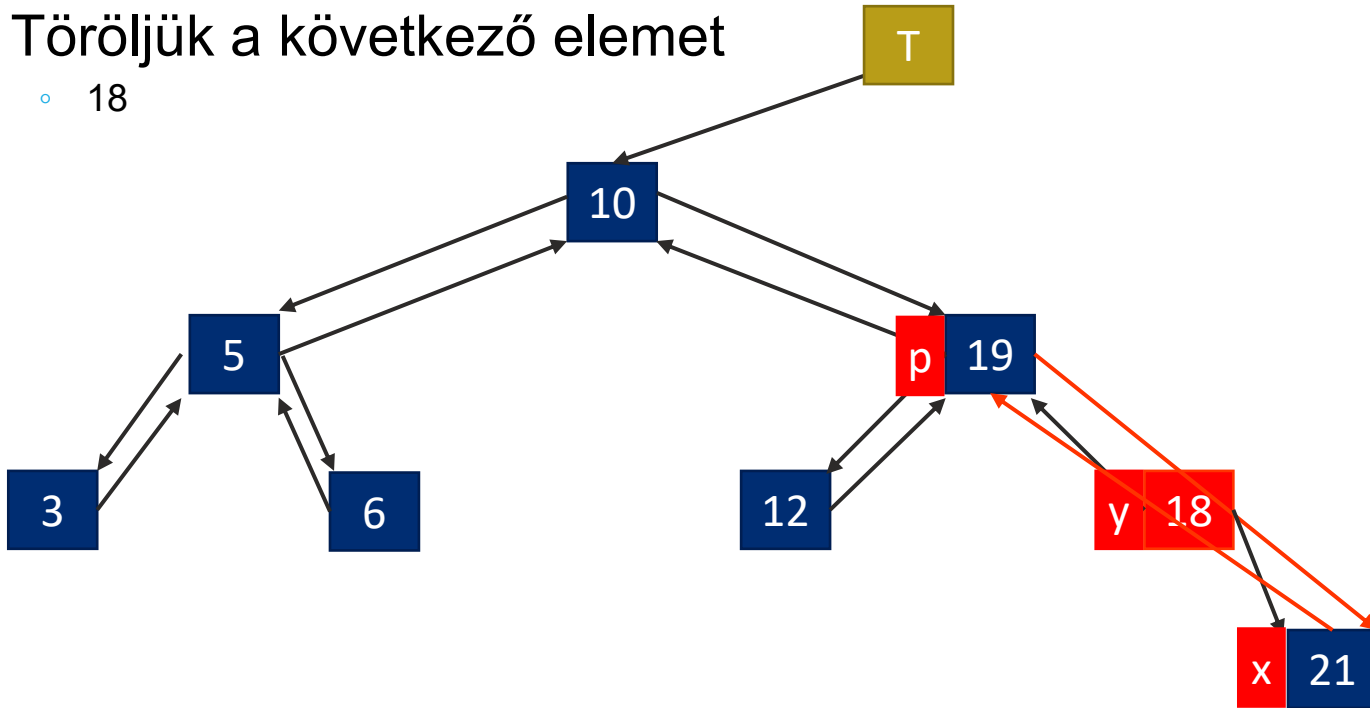
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

• 18



Fából-töröl (T,p)

if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL

then y ← p

else y ← Fában-következő(T, p)

if bal[y] ≠ NIL

then x ← bal[y]

else x ← jobb[y]

if x ≠ NIL

then szülő[x] ← szülő[y]

if szülő[y] = NIL

then gyökér[T] ← x

else if y = bal[szülő[y]]

then bal[szülő[y]] ← x

else jobb[szülő[y]] ← x

if y ≠ p

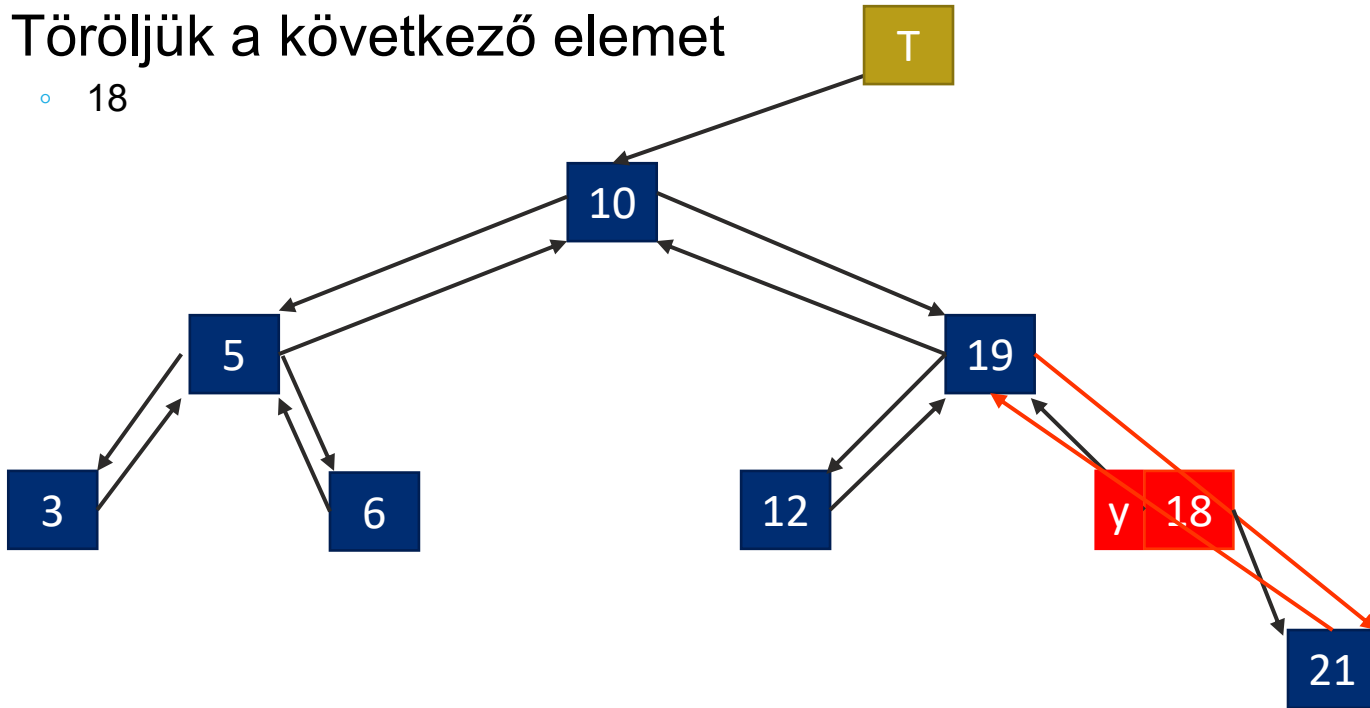
then kulcs[p] ← kulcs[y]

return y

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 18

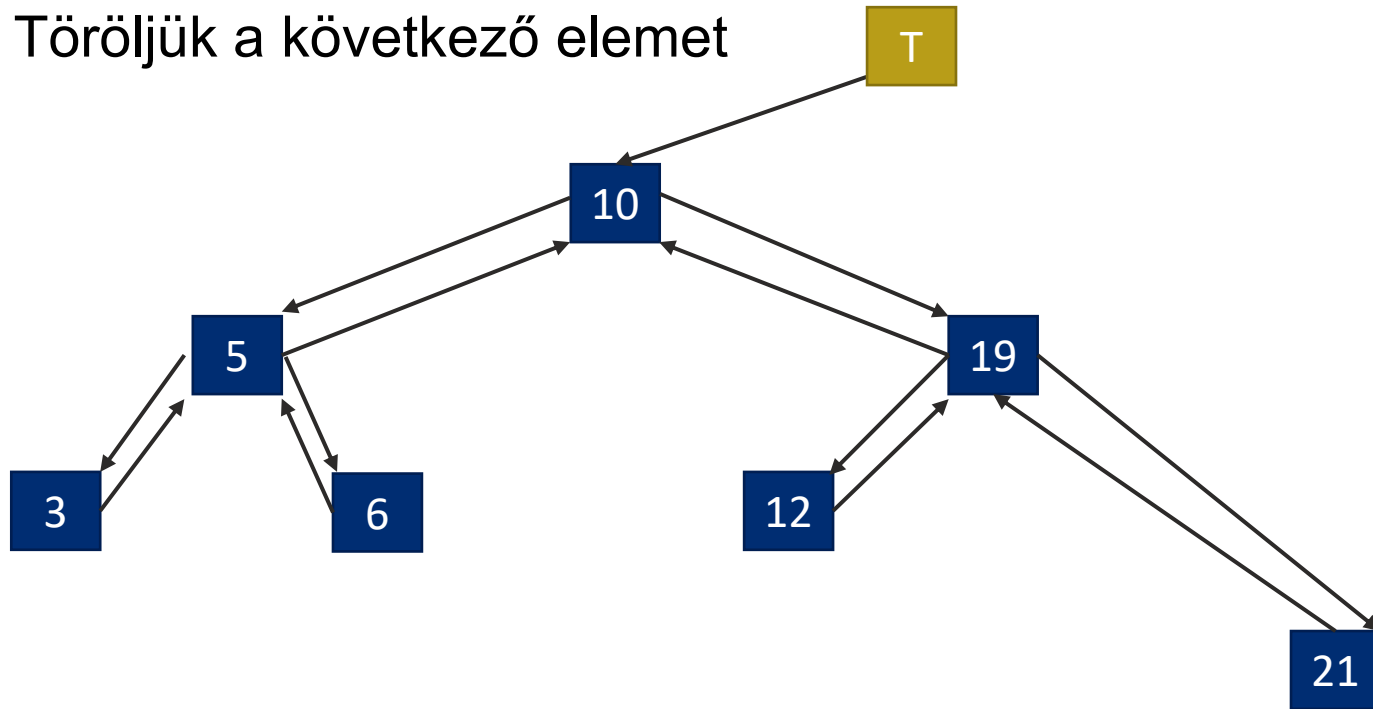


Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

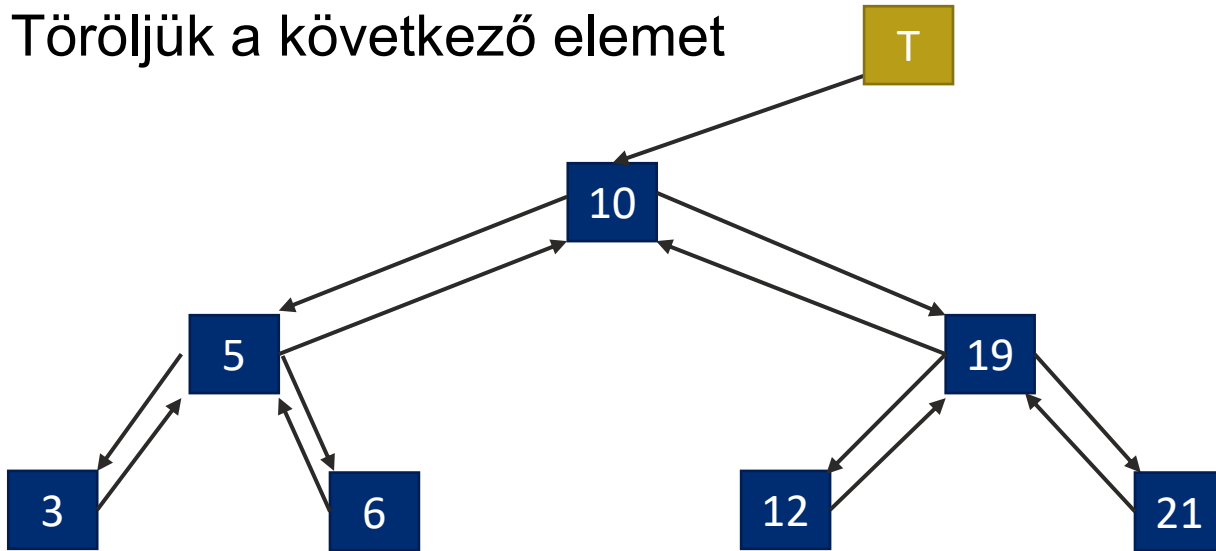


Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet



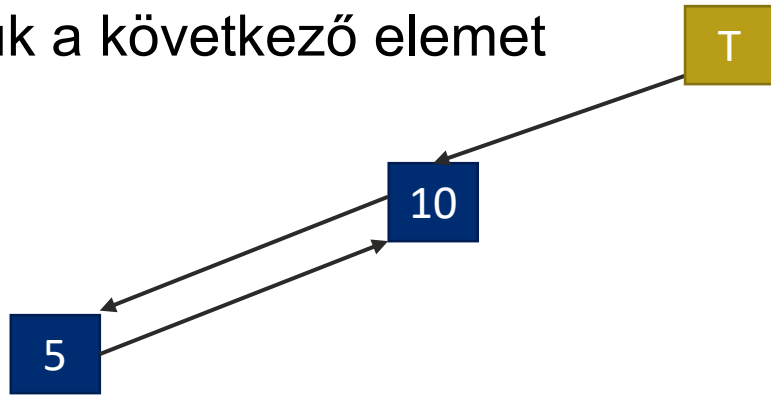
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

További elemeket is törölünk.

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet



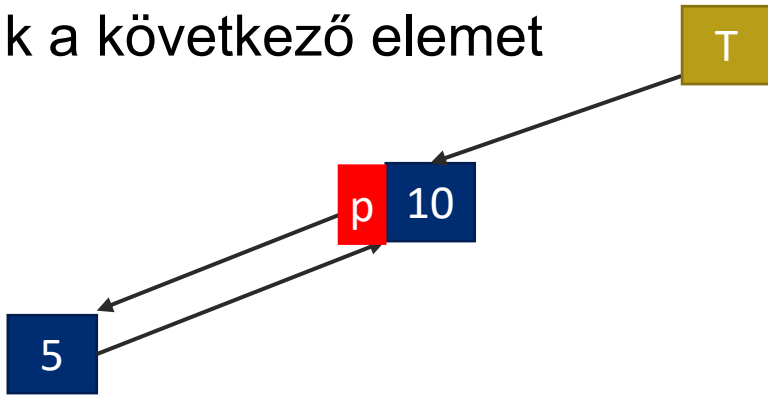
```
Fából-töröl (T,p)
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

További elemeket is törölünk.

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10



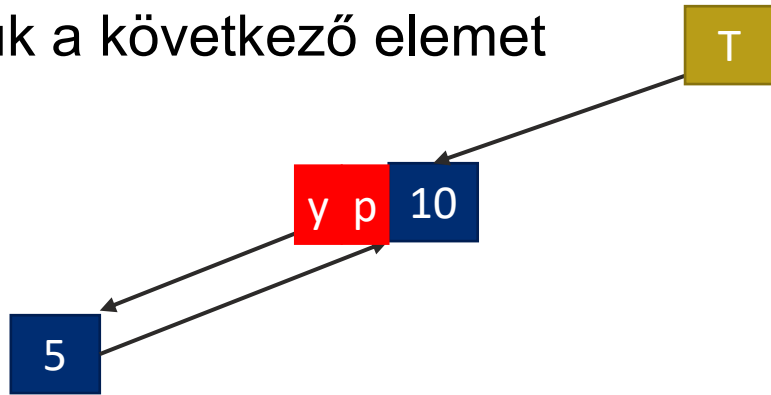
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10



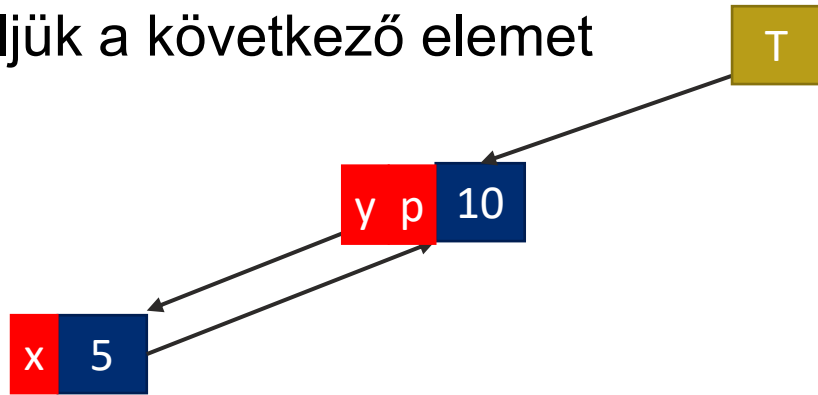
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10



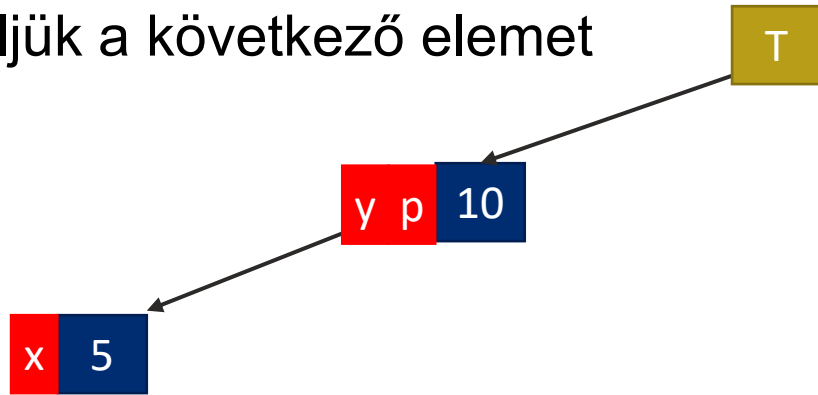
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10



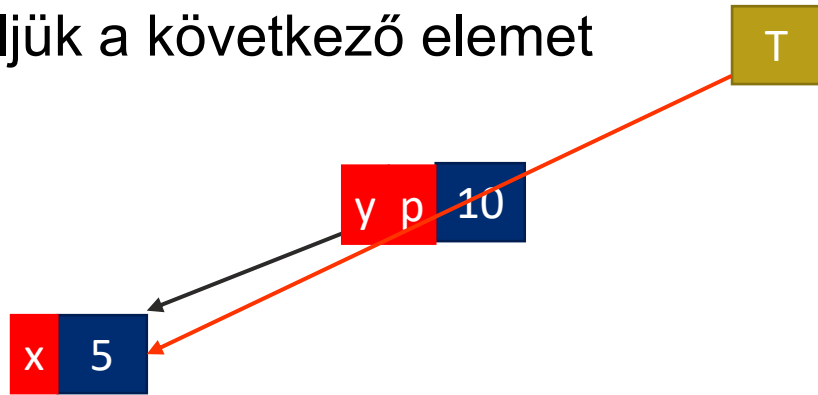
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10



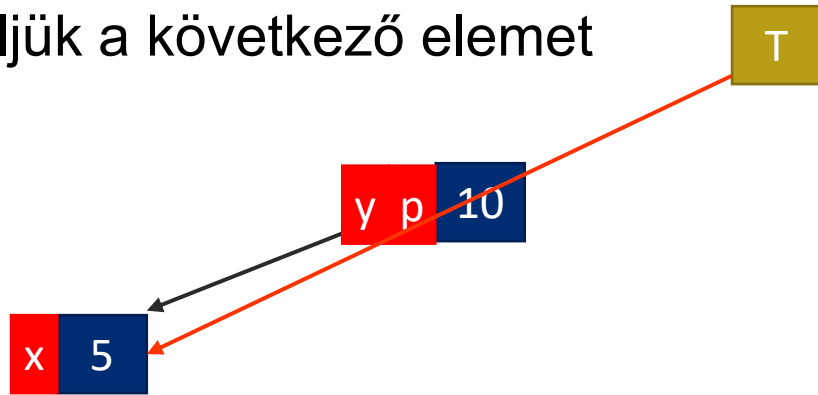
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10



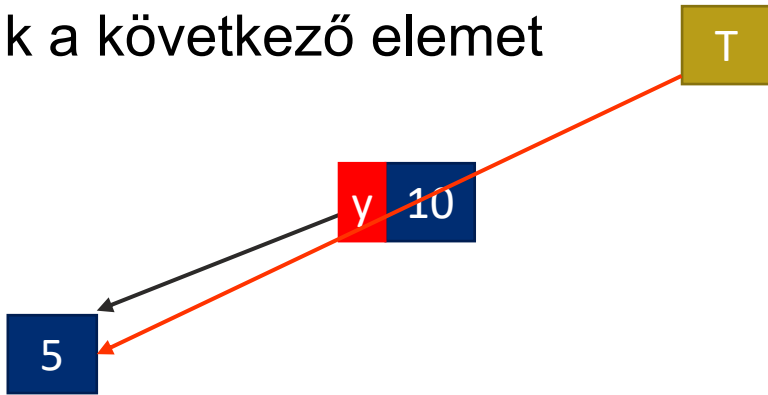
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 10

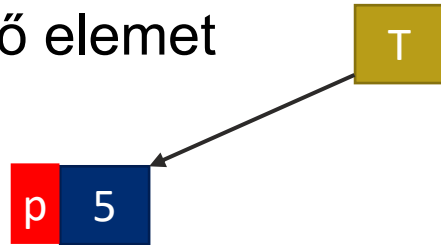


Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

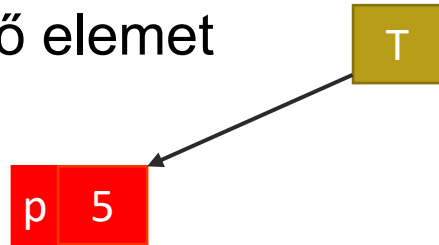


```
Fából-töröl (T,p)
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 5

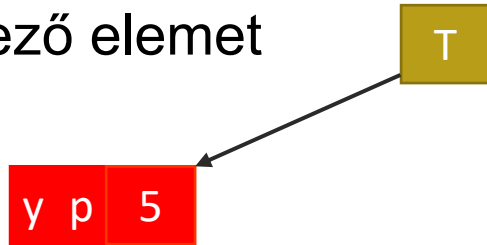


```
Fából-töröl (T,p)
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 5



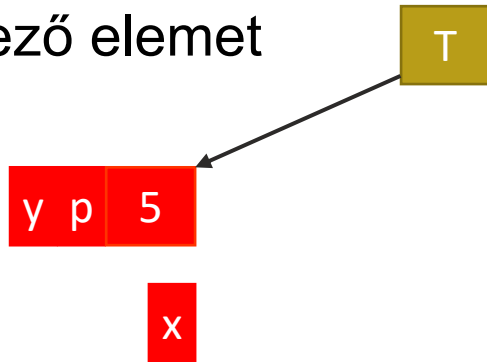
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
then y ← p
else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
then x ← bal[y]
else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
then gyökér[T] ← x
else if y = bal[szülő[y]]
then bal[szülő[y]] ← x
else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```


Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 5



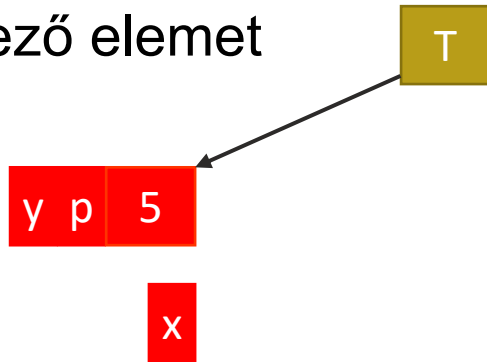
Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

- 5



Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

◦ 5

y p 5

x

T

Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

◦ 5

y p 5

x

T

Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

◦ 5

y p 5

x

T

Fából-töröl (T,p)

```
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```

Bináris keresési fa – Elem törlése

Töröljük a következő elemet

T

```
Fából-töröl (T,p)
if bal[p] = NIL vagy jobb[p] = NIL
  then y ← p
  else y ← Fában-következő(T, p)
if bal[y] ≠ NIL
  then x ← bal[y]
  else x ← jobb[y]
if x ≠ NIL
  then szülő[x] ← szülő[y]
if szülő[y] = NIL
  then gyökér[T] ← x
  else if y = bal[szülő[y]]
    then bal[szülő[y]] ← x
    else jobb[szülő[y]] ← x
if y ≠ p
  then kulcs[p] ← kulcs[y]
return y
```