TRANSATOMIC – schon wieder ein neuer Reaktortyp?

geschrieben von WebAdmin | 18. Juli 2016

Gänzlich anders als in Deutschland, in dem man sich mehr denn je zurück ins Mittelalter träumt, setzt man in USA verstärkt auf die Ausbildung junger Ingenieure und Wissenschaftler und ermutigt sie, eigene Unternehmen zu gründen. Eines der Programme ist das Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear (GAIN), des U.S. Department of Energy (DOE). Vereinfacht gesagt, gibt es dort Gutscheine, die die (sonst kostenpflichtige) Nutzung staatlicher Forschungseinrichtungen durch Unternehmensgründungen ermöglicht. Acht solcher "Gutscheine" im Gesamtwert von zwei Millionen Dollar gingen an sog. startups aus der Kerntechnik.

Eines dieser jungen Unternehmen der Kerntechnik ist Transatomic Power Corporation (TPC). Wie so oft in den USA, ist es eine Gründung von Absolventen des MIT. Glückliches Amerika, in dem noch immer tausende junger Menschen bereit sind, sich den Strapazen eines Kerntechnik-Studienganges aussetzen, während man hierzulande lieber "irgendwas mit Medien" studiert. Allerdings kennt man in den USA auch keine Zwangsgebühren zur Schaffung von hoch dotierten Nachrichtenvorlesern und Volksbelehrern. Jeder Staat setzt halt seine eigenen Prioritäten.

Noch etwas ist in den USA völlig anders. Das junge Unternehmen hat bereits mehrere Millionen Dollar privates Risikokapital eingesammelt. Es braucht noch mehr Kapital und hat deshalb ein Papier veröffentlicht, in dem das Konzept seines Reaktors näher beschrieben ist. Sicherlich ein erhebliches wirtschaftliches Risiko. Man vertraut offensichtlich darauf, mangelnde "Geldmacht" durch Schnelligkeit kompensieren zu können. Erklärtes Ziel ist es, möglichst schnell einen kleinen Versuchsreaktor mit 20 MWth zu bauen. Das erste kommerzielle Kraftwerk soll rund 500 MWel (1250 MWth) Leistung haben und rund zwei Milliarden Dollar kosten.

Abgebrannte Brennelemente als Brennstoff

Der Reaktor ist vom Typ "molten salt". Der Brennstoff wird in geschmolzenem Salz gelöst, welches gleichzeitig dem Wärmetransport dient. Populär ist dieser Reaktortyp

im Zusammenhang mit Thorium gemacht worden. Man beschränkt sich hier bewußt auf Uran als Brennstoff, um auf die dafür vorhandene Infrastruktur zurückgreifen zu können. Thorium wird eher als Option in ferner Zukunft gesehen.

Der besondere Charme dieses Konzeptes liegt in der Verwendung abgebrannter Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren als Brennstoff. Solche abgebrannten Brennelemente bestehen zu rund 95% aus Uran–238 und etwa je einem Prozent Uran–235 und Plutonium. Der Rest sind Spaltprodukte als Abfall. Das klassische Modell, wie es z.B. in Frankreich praktiziert wird, ist die Wiederaufbereitung nach dem Purex-Verfahren: Man erhält sehr reines Uran, welches als Ersatz für Natururan wieder in den Kreislauf zurückgeführt wird und reines Plutonium, welches als Mischoxid zu

neuen Brennelementen verarbeitet wird. Die Spaltprodukte mit Spuren von Aktinoiden werden verglast und als Atommüll endgelagert. Für diese chemischen Prozeßschritte (Wiederaufbereitungsanlage) geht man von Kosten in Höhe von 1300 bis 3000 US-Dollar pro kg aus. Bei heutigen Preisen für Natururan eine unwirtschaftliche Angelegenheit. Deshalb füllen sich die Lager mit abgebrannten Brennelementen auch weiterhin. Allein in den USA lagern über 70.000 to ausgedienter Brennelemente. Für die "Zwischenlagerung" in Behältern (ähnlich den Castoren in Deutschland) geht man von etwa 100 Dollar pro kg aus. Für die "Entsorgung" haben sich bereits über 31 Milliarden US-Dollar Rücklagen angesammelt – was etwa 400 Dollar pro kg entspricht.

Wem es gelingt, einen Reaktor zu

bauen, der die abgebrannten Brennelemente “frißt”, ist in der Rolle einer Müllverbrennungsanlage: Er wird für die Beseitigung des Mülls bezahlt und kann sich mit seinem Preis an den anderen Möglichkeiten (z. B. Müllkippe) orientieren. Die entstehende Wärme ist umsonst. Die elektrische Energie aus der “Müllbeseitigung” ist ein weiteres Zubrot. Es kommt lediglich darauf an, eine besonders günstige “Müllverbrennungsanlage” zu bauen. Genau an diesem Punkt, setzt TPC an.

Das Transatomic Konzept

Die Angst vor dem “Atommüll” wird

mit seiner Langlebigkeit begründet. Es gibt wahrlich gefährlichere Stoffe, als abgebrannte Brennelemente. Solange man sie nicht aufisst, sind sie recht harmlos. Es ist

aber die berechtigte Angst, ob man diese Stoffe für Jahrmillionen sicher von der Biosphäre fern halten kann, die viele Menschen umtreibt. Spaltprodukte sind in diesem Sinne

kein Problem, da sie in wenigen hundert Jahren faktisch von selbst verschwunden sind. Jahrhunderte sind aber durch technische Bauwerke (Kathedralen, Pyramiden etc.)

oder natürliche Barrieren (einige hundert Meter gewachsene Erdschichten) sicher beherrschbar.

Man kann aber alle langlebigen Aktinoide durch Spaltung in

kurzlebige Spaltprodukte umwandeln und dabei noch riesige Mengen Energie erzeugen – am besten in einem Kernkraftwerk. Ein solcher Reaktor muß besonders sparsam mit den bei einer Spaltung

freiwerdenden Neutronen umgehen, um möglichst viele andere Kerne umzuwandeln und letztendlich zu spalten.

Spaltprodukte haben teilweise sehr große Einfangquerschnitt

e. Mit anderen Worten, sie wirken parasitär indem sie wertvolle Neutronen “wegfangen”. Die Konsequenz ist eine integrierte Wiederaufbereitung. Dies läßt sich nur über eine Brennstofflösung

erreichen.
Es dürfen nur möglichst wenig Neutronen das System verlassen. Dazu muß man den Reaktor mit einem Reflektor versehen, der die Neutronen wieder in den Reaktor zurück streut.

Idealerweise verwendet man dafür ebenfalls Uran, damit nicht zurück streubare Neutronen bei ihrem Einfang wenigstens neuen Spaltstoff – hier Plutonium – erzeugen.
Bei Reaktoren mit

festen Brennstoffen, kann man die Spaltstoffe nicht kontinuierlich ersetzen. Man benötigt deshalb zu Anfang eine Überschußreaktivität. So zu sagen, mehr Spaltstoff als eigentlich

zuträglich ist. Diese Überschußreaktivität muß durch Regelstäbe und abbrennbare Gifte kompensiert werden: Wertvolle Neutronen werden unnütz weg gefangen.
Will man mit

möglichst geringer Anreicherung auskommen – was einem bereits abgebrannten Brennelement entspricht – muß man zwingend auf ein thermisches Neutronenspektrum übergehen. Sogenannte

“Schnelle Brüter” erfordern eine zweistellige Anreicherung. Also wesentlich höher, als sie in einem frischen Brennelement für einen Leichtwasserreaktor vorliegen. Man kann in einem

thermischen Reaktor zwar nicht brüten – also mehr Spaltstoff erzeugen als beim Betrieb verbraucht wird – aber fast genau soviel erzeugen, wie verbraucht wird. Man muß es auch gar nicht, da ja

der “Atommüll” noch Spaltstoff enthält.

Wieviel wird nun

gespart?

Ein heutiger Leichtwas serreakto

r
produzier
t pro
1000 MWel
etwa 20
to

abgebrannter Brennelemente pro Jahr.
Geht man

von einer direkten Endlagerung aus, ist dies die Menge

“Atommüll” die in ein Endlager muß. Erzeugt

man die gleiche elektrische Energie aus eben

solchem “Atommüll”, ist diese Menge schon mal

komplett eingespart.

Gleichzeitig wird

aber auch der ursprünglich vorhandene

“Atommüll” in der Form abgebrannter Brennelem

ente
weniger.
Die
Energie
wird
durch die

Spaltung von Atomkernen erzeugt. Sie sind

nach der Spaltung unwiederbringlich vernichtet. Wird

Uran noch von vielen Menschen als natürlich

und damit relativ harmlos angesehen, ist z. B.

Plutonium für sie reines Teufelszeug. Genau diese

Stoffgruppe dient aber bei diesem Reaktortyp als

Brennstoff und wird beständig verbraucht.

Ein solcher Reaktor produziert rund 1 to

Spaltprodukte pro 1000 MWel und Jahr. Die Spaltprod

ukte sind darüberhinaus in einigen Jahrhunderten –

gegenüber 100.000den von Jahren bei Plutonium

—

verschwunden. In Bezug auf die Energieve

rsorgung
sind
solche
Reaktoren
eine
echte

Alternative zu sog. “Schnellen Brütern”.

Bereits die vorhandenen abgebrannten

Brennelemente und die absehbar hinzukommenden,

wären
eine
schier
unerschöp
fliche
Energiequ

elle.

Was

ist

neu

bei

dies

em

Reak

tort

yp?

In

den

USA

hat

man

über

Jahr

zehn

te

Erfa

hrun

gen

mit

Salz

schm

elze

n in

Vers

uchs

reak

tore

n

gesa

mmel

t.

Hier

stre

bt

man

bewu

ßt

die

Verw

endu

ng

von

Uran

und

nich

t

von

Thor

ium

an.

Dies

hat

bezü

glic

h

des

Salz

es

Konsequenzen

:

Lith

iumf

luor

id

kann

wese

ntli

ch

höhe

re

Konz

entr

atio

nen

Uran

gelö

st

halt

en

(LiF

-

(Act

inoi

d)F4

)

als

das

beka

nnte

re
FLiB
e-

Salz

·

Erst

dadu

rch

ist

der

Eins

atz

abge

bran

nter

Brennelement

e

(nie

drig

e

Anre

iche

rung

)

mögl

ich.

Alle

rdin

gs

lieg

t

die

Schm

elzt

empe

ratu

r

dies

es

Bren

nsto

ffs

bei

etwa 500 °C.

Ein

wese

ntli

ches

Sich

erhe

itsk

rite

rium

ist

daher,

Vers

topf

unge

n in

Kanä

len

und

Rohr

leit

unge

n

durc

h

Abla

geru

ngen

sich

er

zu

verm

eide

n.

Als

Mode

rato

r

soll

en

Stäb

e

aus

Zirc

oniu

mhyd

rid

eing

eset

zt

werd

en.

Sie

wirk

en

wie

“umg

ekeh

rte

Regelstäbe”:

Je

tief

er

sie

in

die

Schm

elze

eing

etau

cht

werd

en,

um

so

mehr

Neut

rone

n

werd

en

abge

brem

st

und

die

Spal

tung

srat

e

erhö

ht

sich

Die Mode

rati

on

solc

her

Stäb

e

ist

gege

nübe

r

früh

er

verw

ende

tem

Grap

hit

so

viel

bess

er,

daß

fast

der

dopp
elte
Raum

für

die

Salz

schm

elze

bei

eine

m

vorg

egeb

enen

Reak

torv

olum

en

zur

Verf

ügun

g

steh

t.

Ein

weit

erer

wich

tige

r

Schr

itt

zu

der

Verw

endu

ng

von

“Ato

mmül

l”

als

Brennstoff.

Di

e

in

te

gr

ie

rt

e

Wi

ed

er

au

fb

er

ei

tu

ng

Di

e

Sp

al

tp

ro

du

kt

e

mü

SS

en

ko

nt

in

ui

er

li

ch

au

S

de

r

Sa

lz

SC

hm

el

ze

en

tf

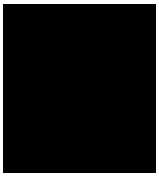
er

nt

we

rd

en



Si

e

wi

rk

en

nil

ch

t

nu

r

pa

ra

sı

tä

r,

so

nd

er

n

st

el

le

n

au

ch

da

S

ei

ge

nt

li

ch

e

Si

ch

er

he

it

sp

ro

bl

em

da

r.

Je

we

nil

ge

r

Sp

al

tp

ro

du

kt

e

ge

lö

st

sı

nd

،

um

so

we

nil

ge

r

Ra

di

oa

kt

iv

it

ät

kö

nn

te

be

i

ei

ne

m

st

ör

fa

ll

fr

ei

ge

se

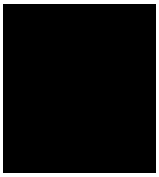
tz

t

we

rd

en



Et

wa

20

%

de

r

Sp

al

tp

ro

du

kt

e

sı

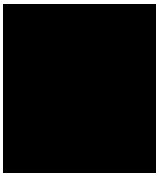
nd

Ed

el

ga

se



Si

e

so

ll

en

mi

t

He

li

um

au

S

de

r

Sa

lz

SC

hm

el

ze

ab

ge

SC

hi

ed

en

we

rd

en

un

d

an

SC

hl

ie

ſe

nd

in

Dr

uc

kg

as

fl

as

ch

en

ge

la

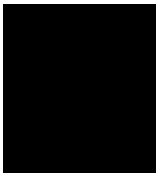
ge

rt

we

rd

en



Ru

nd

40

%

de

r

Sp

al

tp

ro

du

kt

e

sı

nd

Me

ta

ll

e,

di

e

Ko

ll

oi

de

in

de

r

Sc

hm

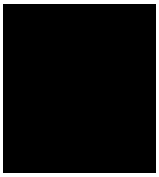
el

ze

bi

ɭd

en



Si

e

so

ll

en

mi

t

Ge

we

be

n

au

S

Nil

ck

el

au

sg

ef

il

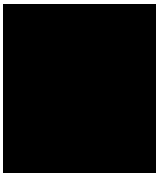
te

rt

we

rd

en



De

r

Re

st

[redacted]

ha

up

ts

äc

hl

ic

h

La

nt

ha

no

id

e

[redacted]

sı

nd

se

hr

gu

t

in

de

r

Sa

lz

SC

hm

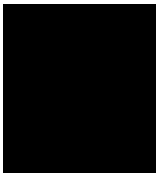
el

ze

ge

lö

st



Si

e

so

ll

en

mi

tt

el

S

fl

üs

sı

ge

n

Me

ta

ll

en

ex

tr

ah

ie

rt

we

rd

en

un

d

an

SC

hl

ie

ſe

nd

in

ei

ne

ke

ra

mi

SC

he

Fo

rm

zu

r

La

ge

ru

ng

üb

er

fü

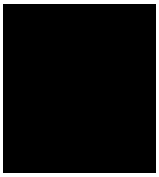
hr

t

we

rd

en



In

de

r

Ab

SC

he

id

un

g,

Be

ha

nd

lu

ng

un

d

La

ge

ru

ng

de

r

Sp

al

tp

ro

du

kt

e

dü

rf

te

di

e

gr

öß

te

He

mm

SC

hw

el

le

be

i

de

r

Ei

nf

üh

ru

ng

VO

n

Re

ak

to

re

n

mi

t

Sa

lz

SC

hm

el

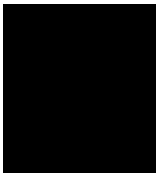
ze

n

li

eg

en



We

lc

he

r

En

er

gi

ev

er

so

rg

er

wi

ll

SC

ho

n

ge

rn

ei

ne

Ch

em

ie

fa

br

ik

be

tr

ei

be

n?

Vi

el

le

ic

ht

we

rd

en

de

sh

al

b

er

st

e

An

we

nd

un

ge

n

di

es

es

Re

ak

to

rs

ge

ra

de

in

de

r

ch

em

is

ch

en

In

du

st

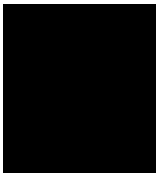
ri

e

li

eg

en



Z

u

S

a

m

m

e

n

f

a

S

S

u

n

g

D

e

r

G

e

d

a

n

k

e

’

“

A

t

O

m

m

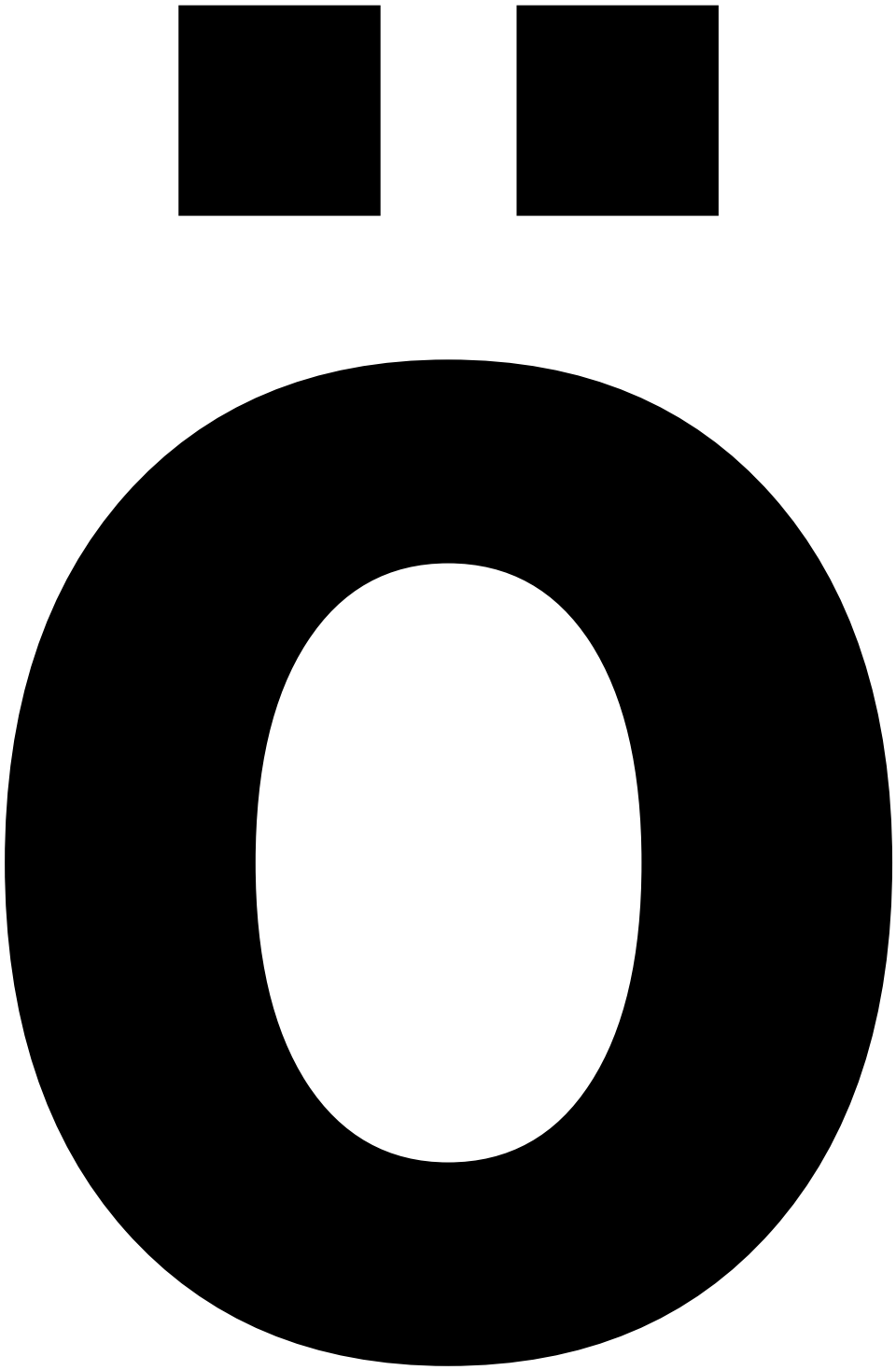
ü

ㄴ

ㄴ

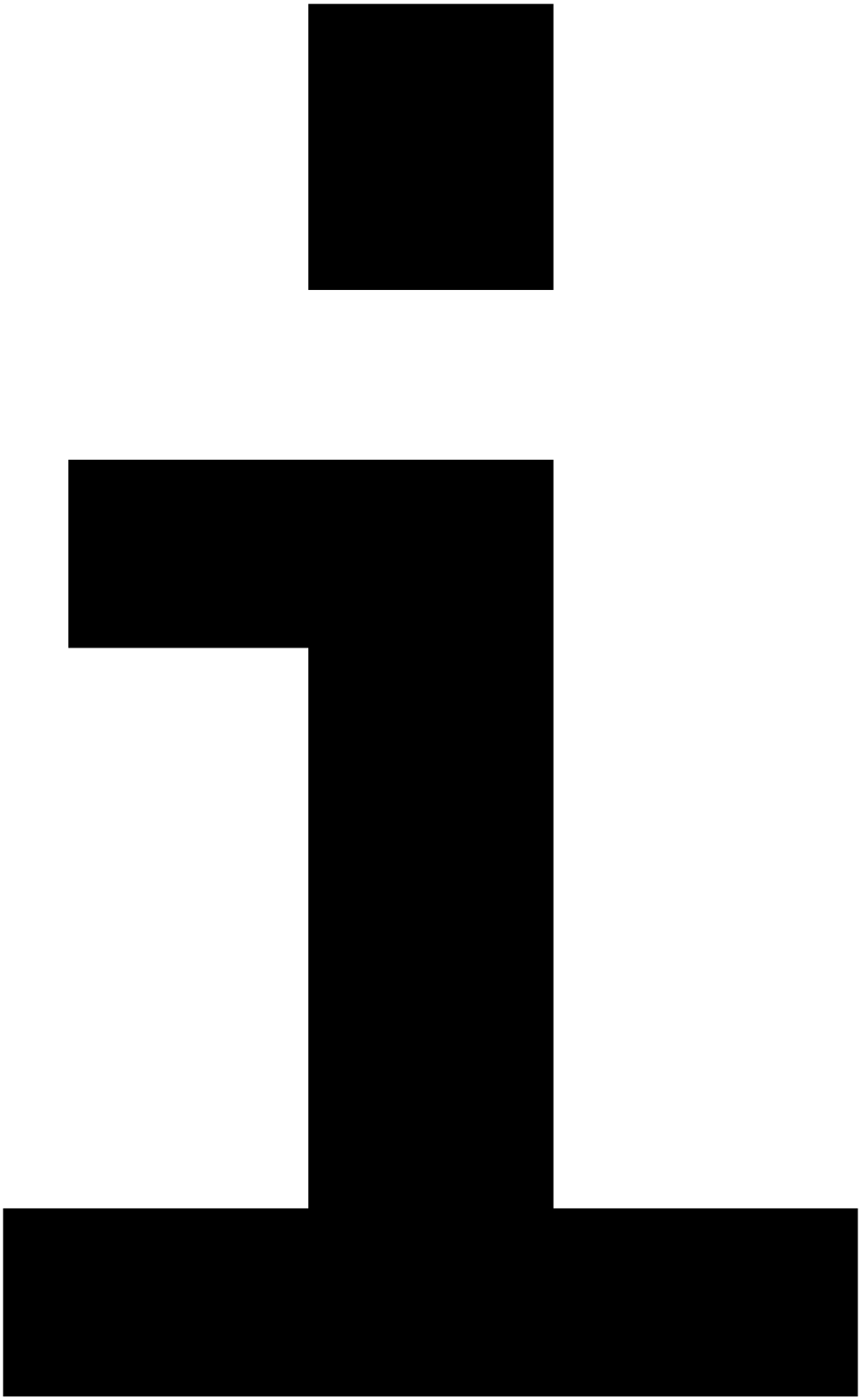
”

m



g

ㄴ



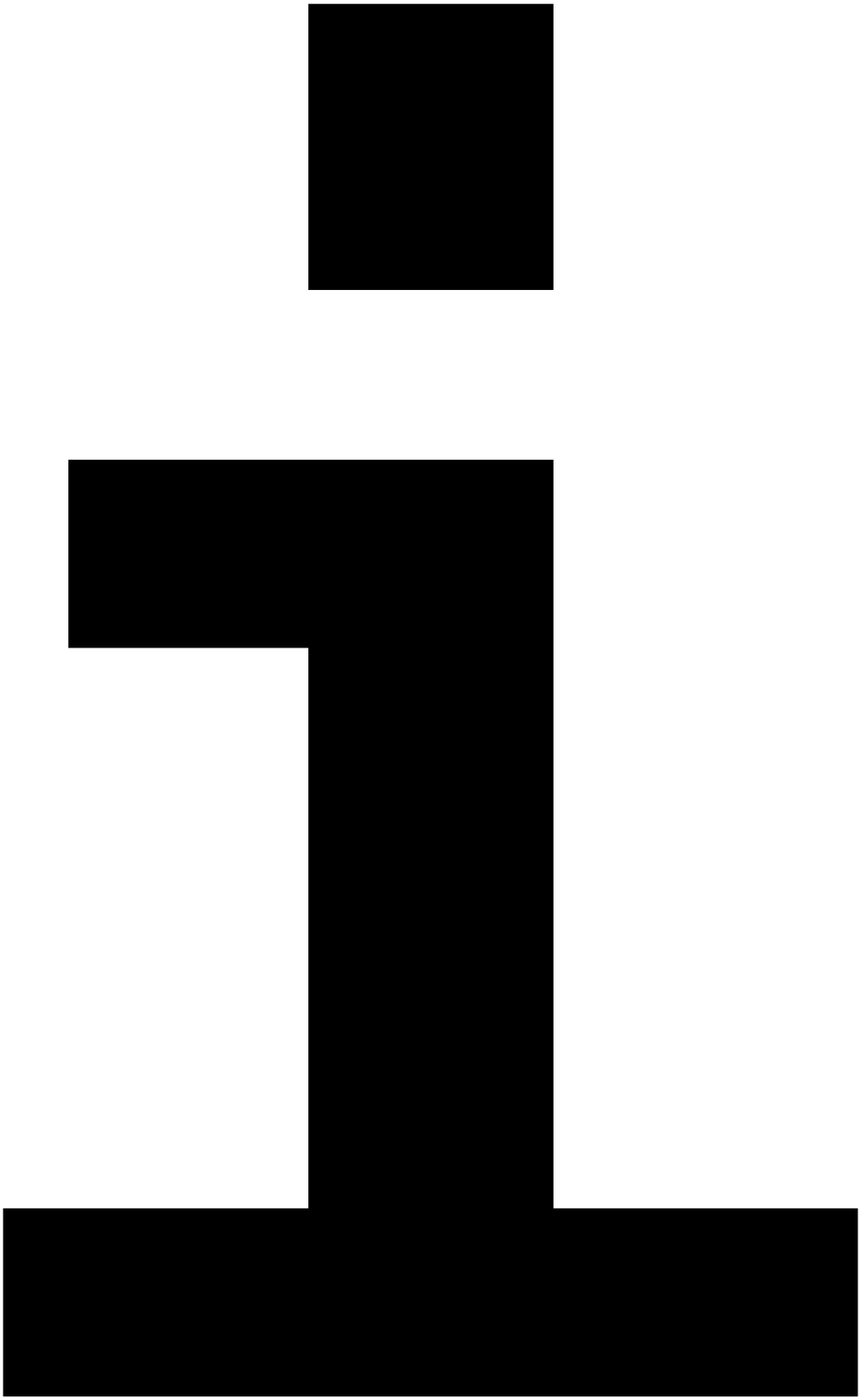
C

h

S

t

d



r

e

k

t

a

ㄴ

S

B

r

e

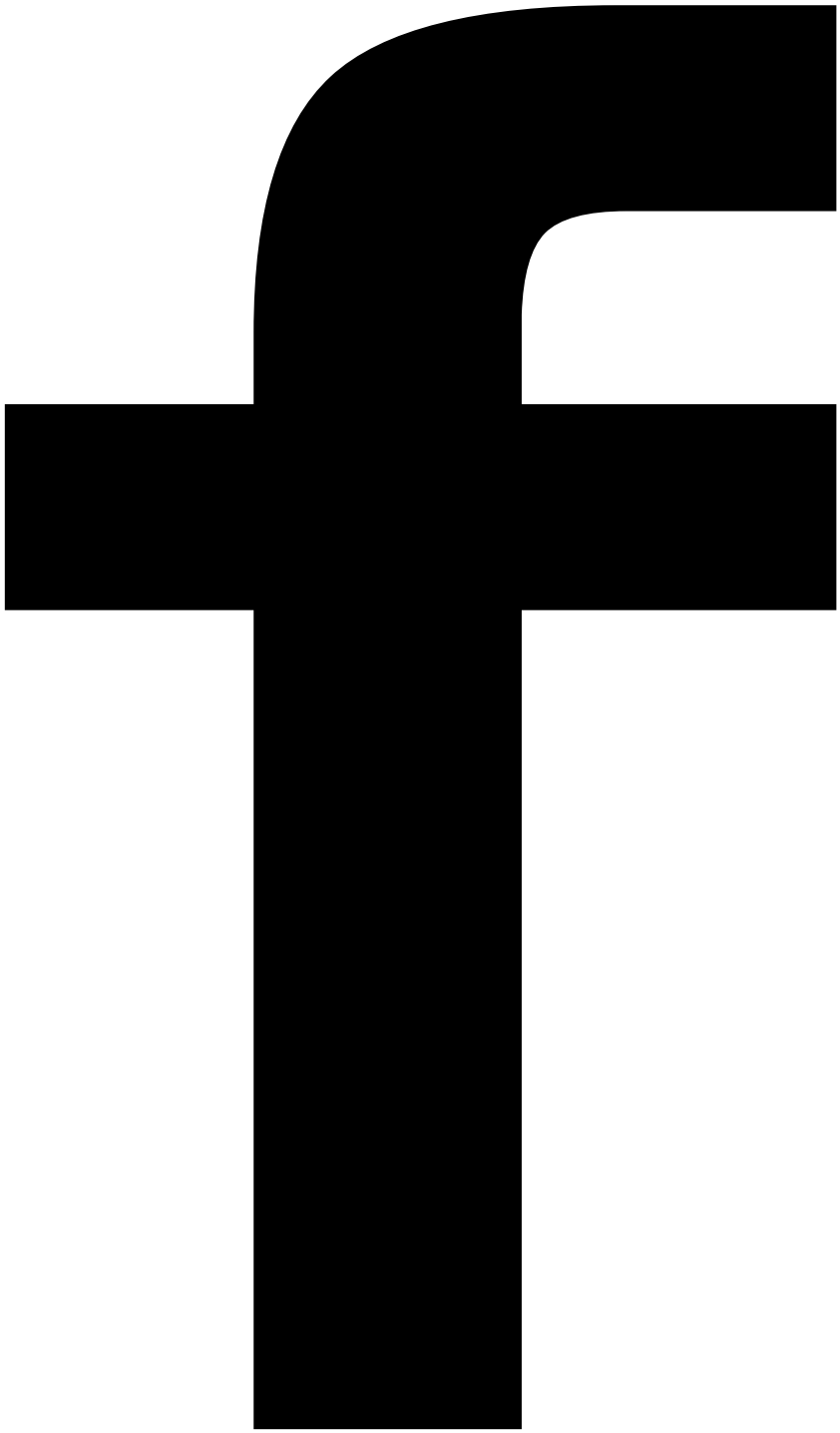
n

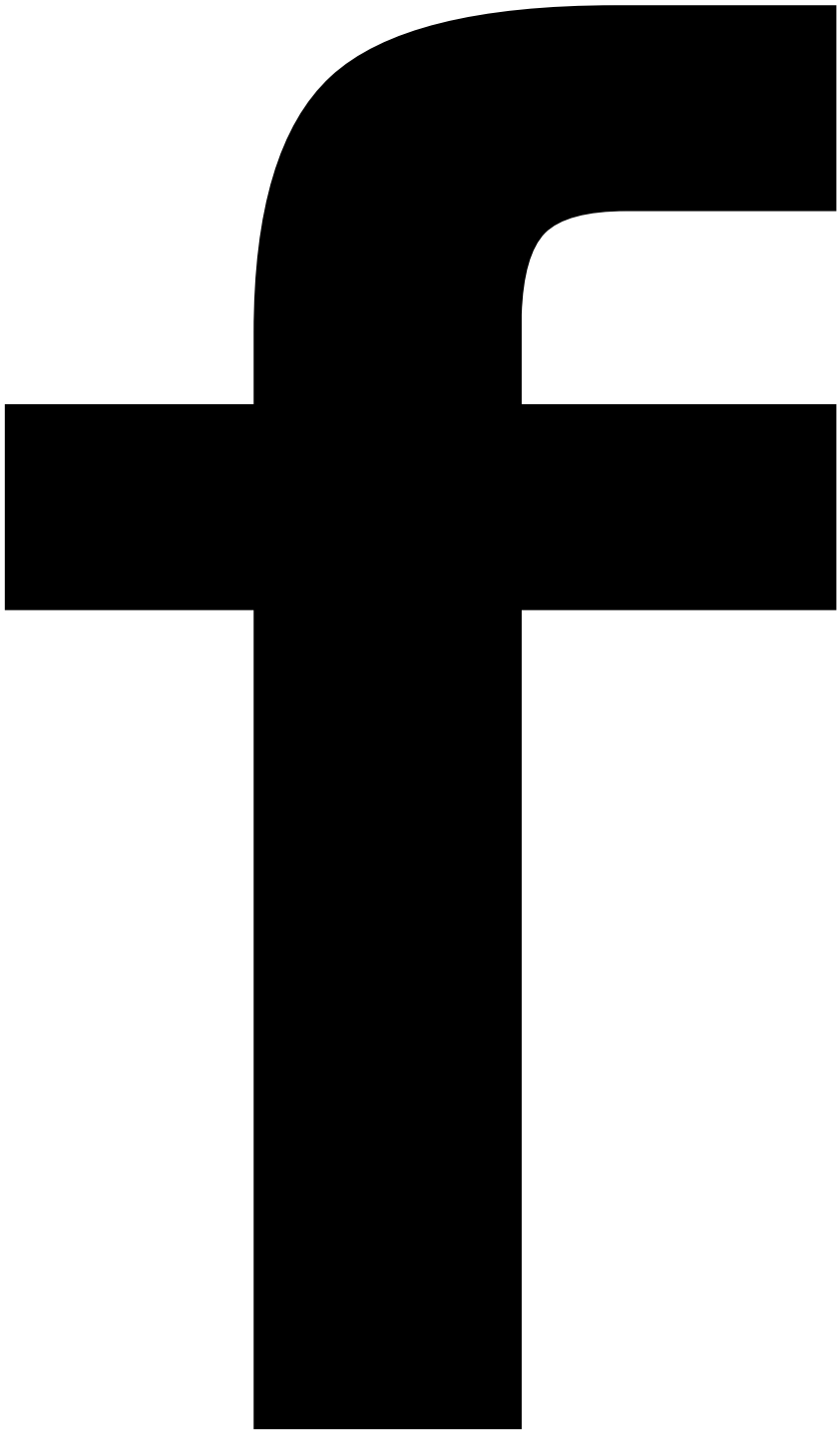
n

S

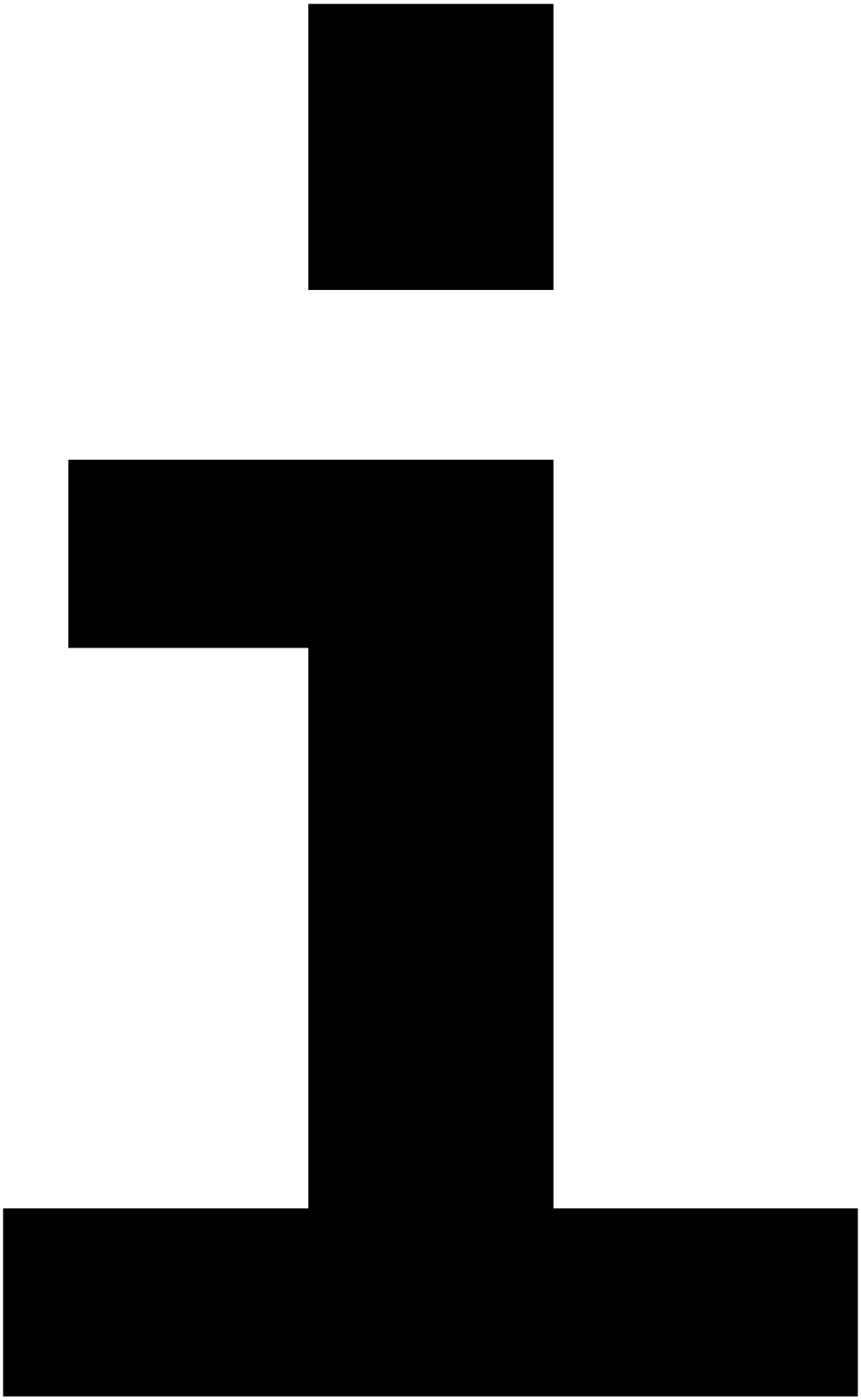
t

O





e



n

Z

u

S

e

t

Z

e

n

’

h

a

t

C

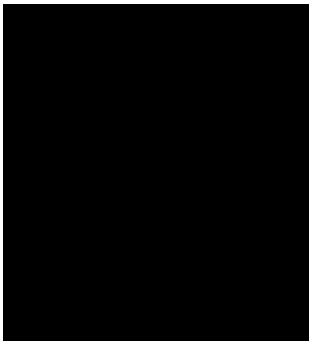
h

a

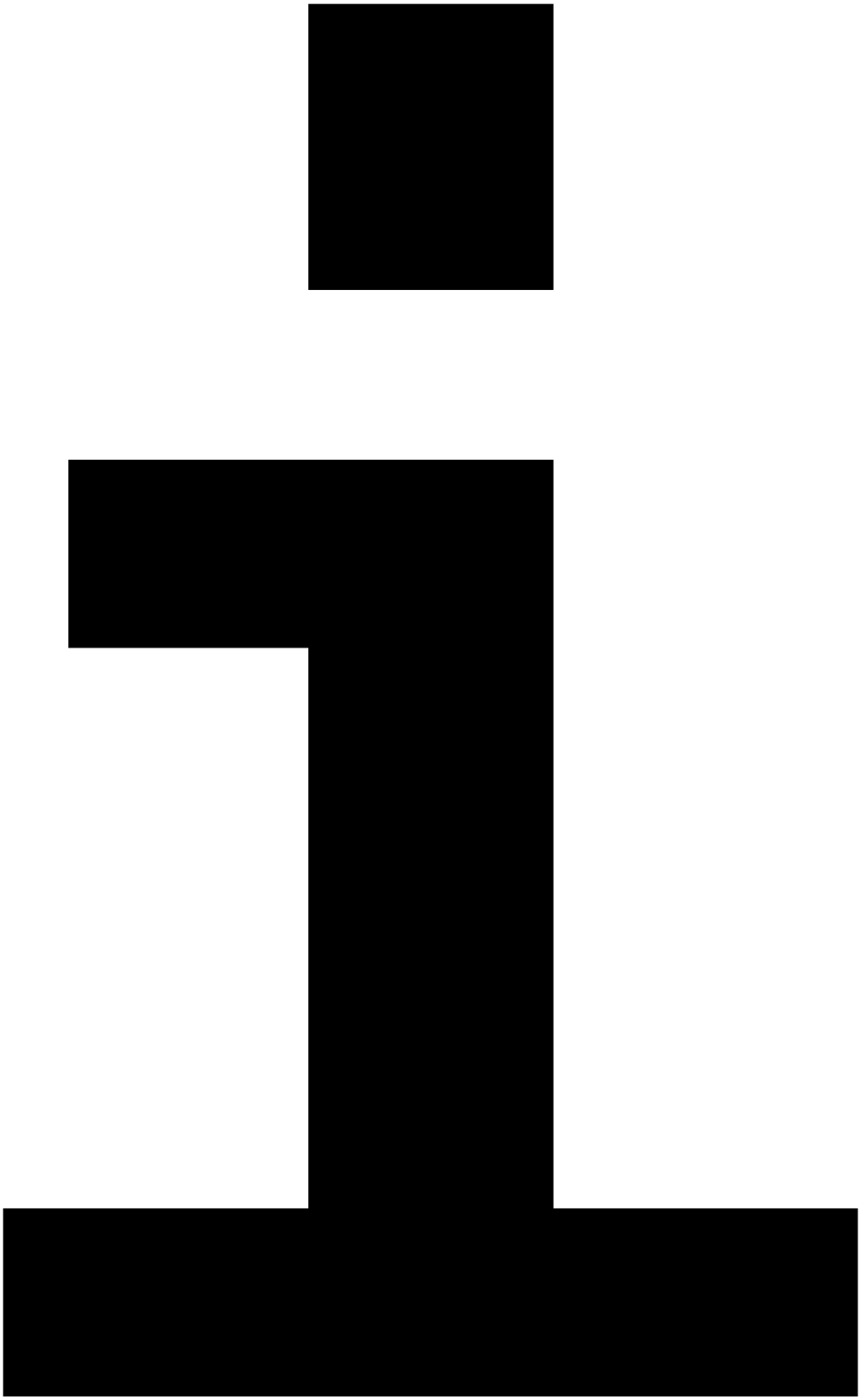
r

m

e



W



r

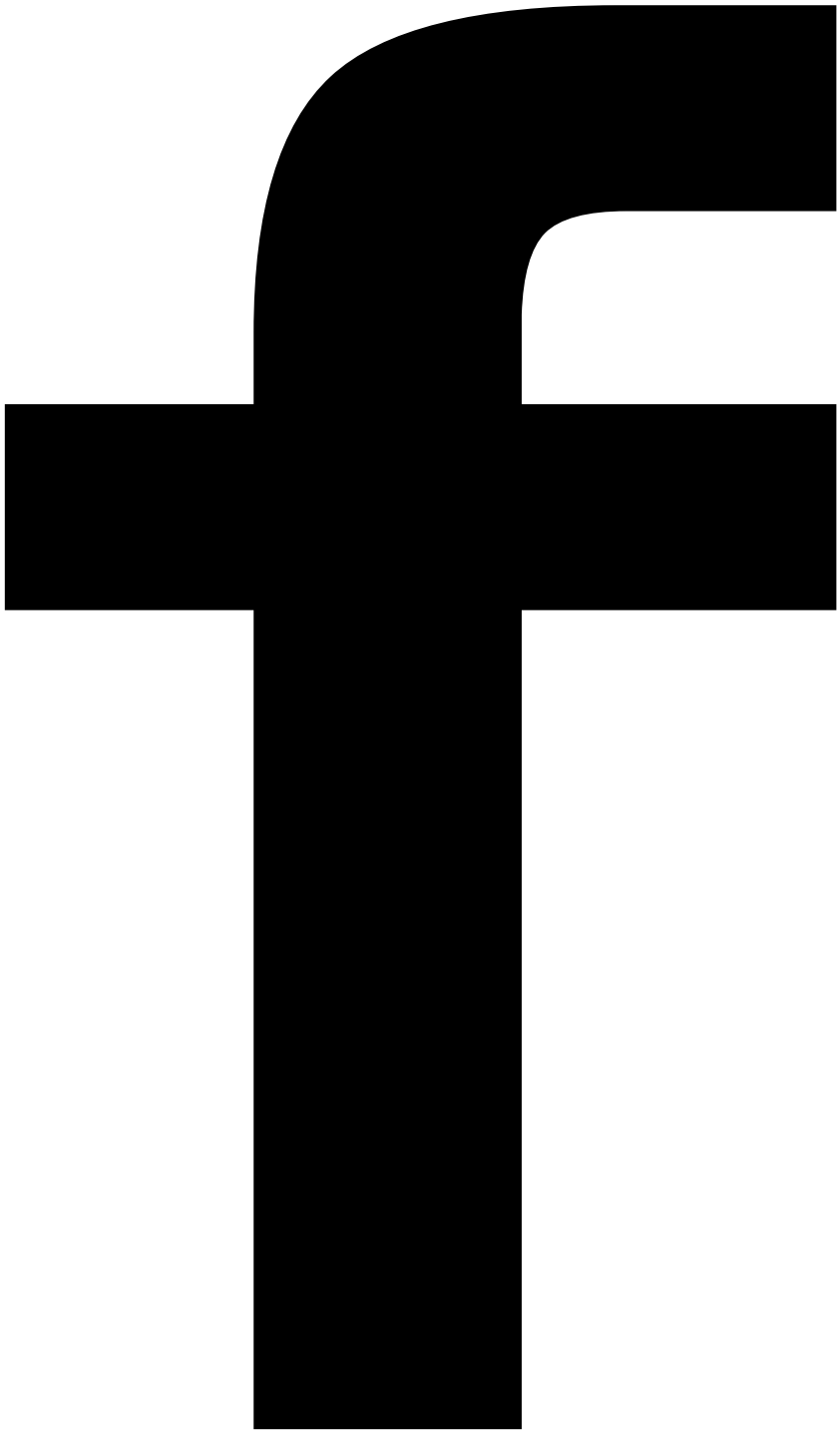
t

S

C

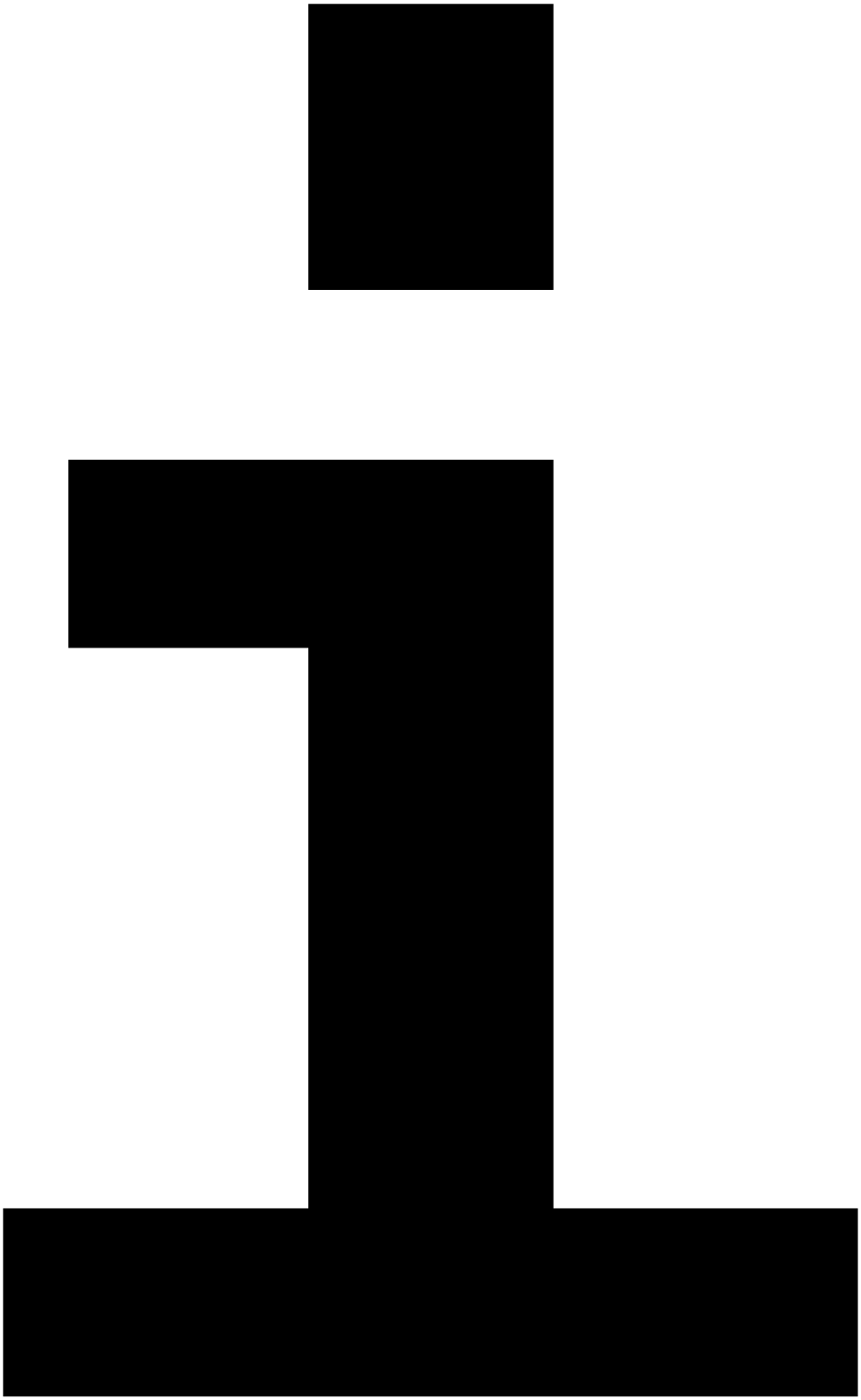
h

a



t

ㄴ



C

h

k

O

m

m

t

m

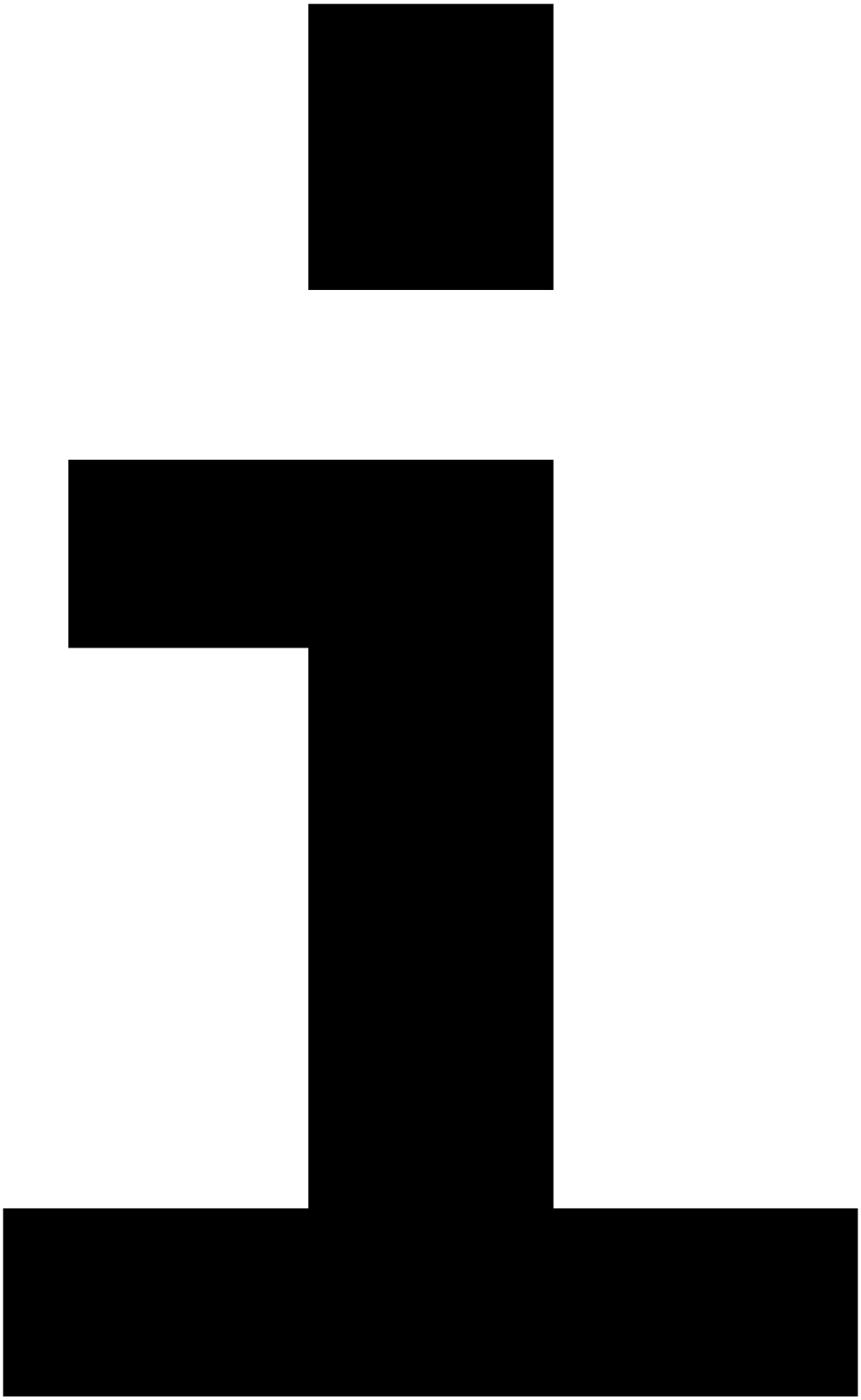
a

n

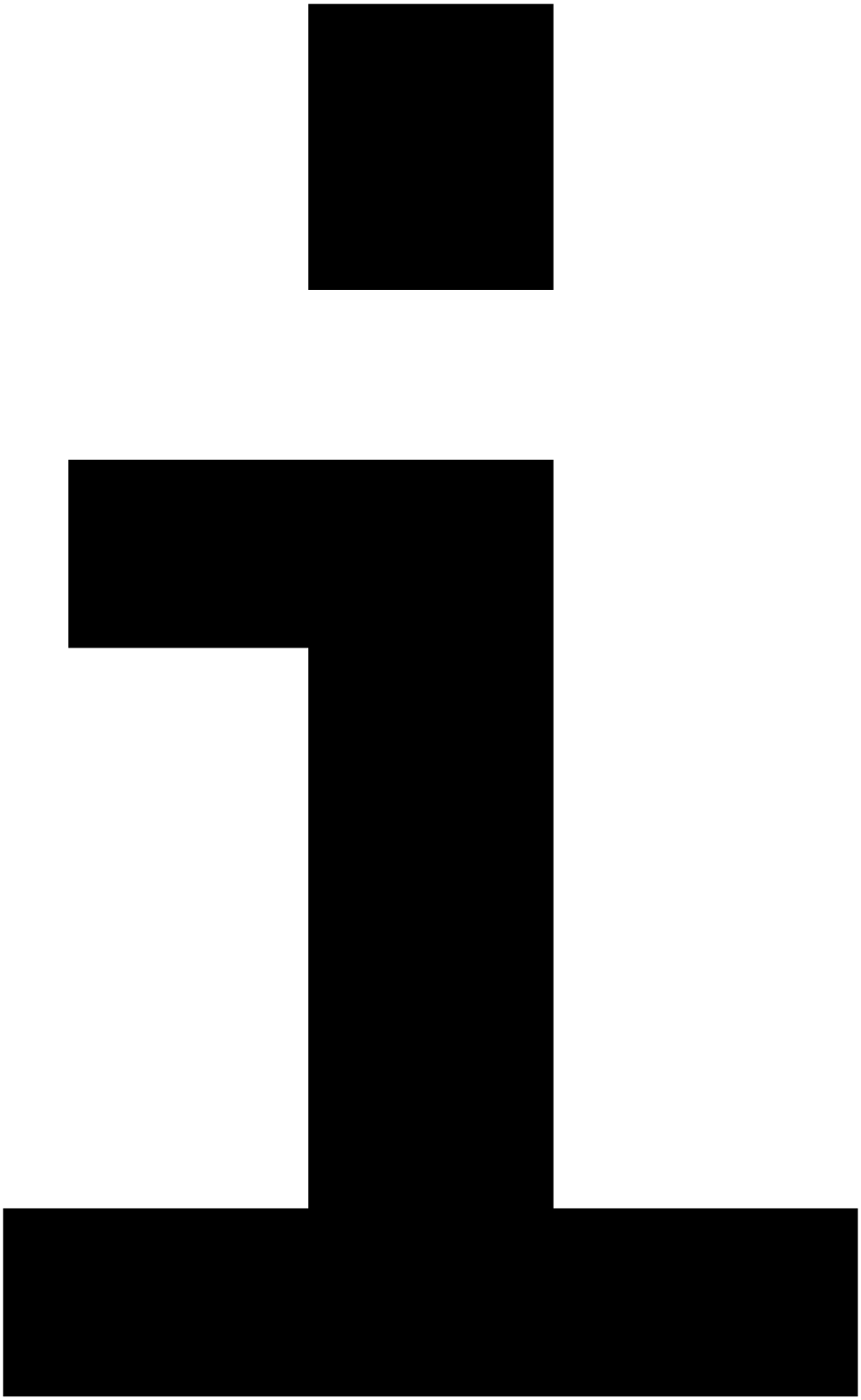
d

a

m

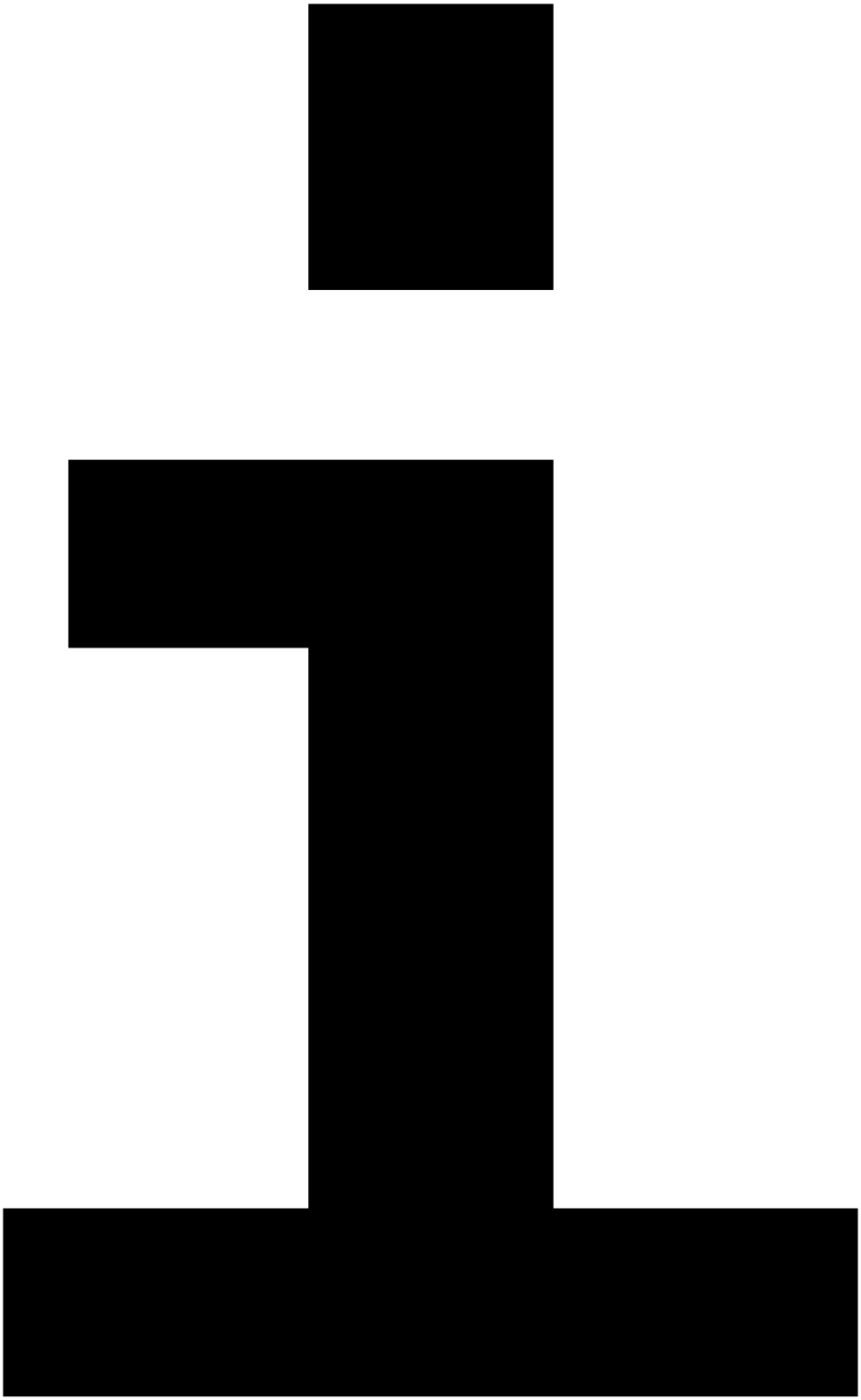


t



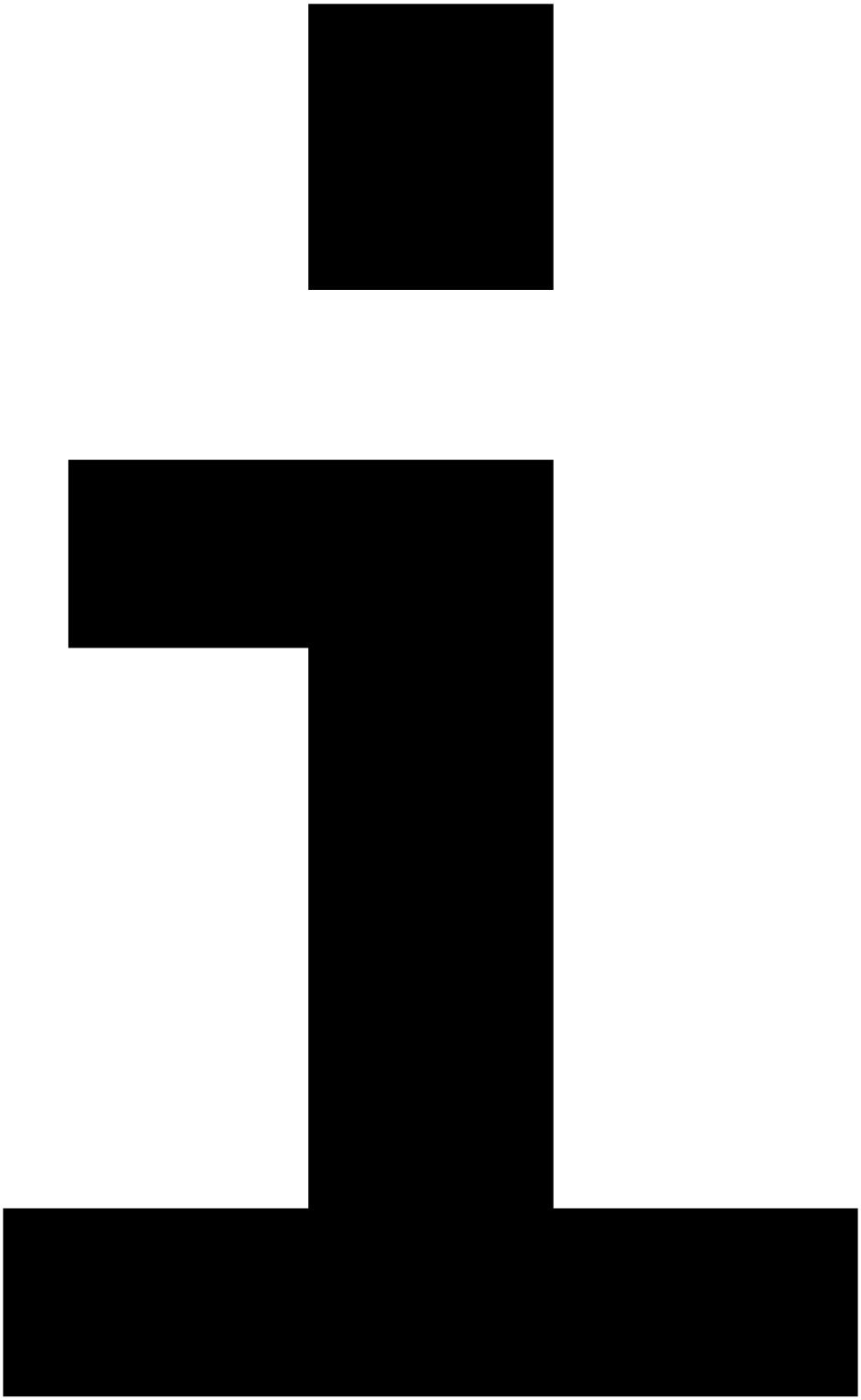
n

d



e

S

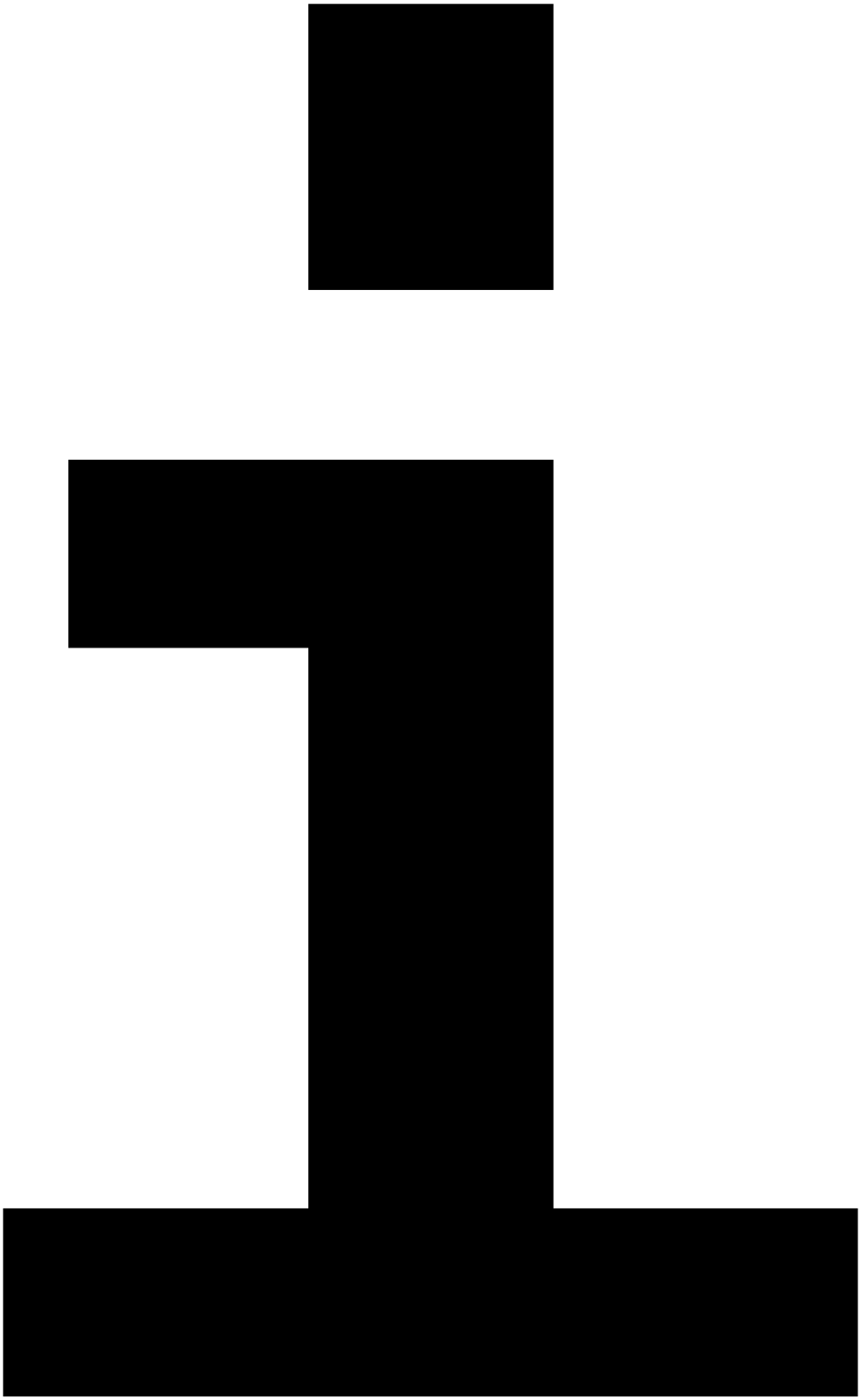


t

u

a

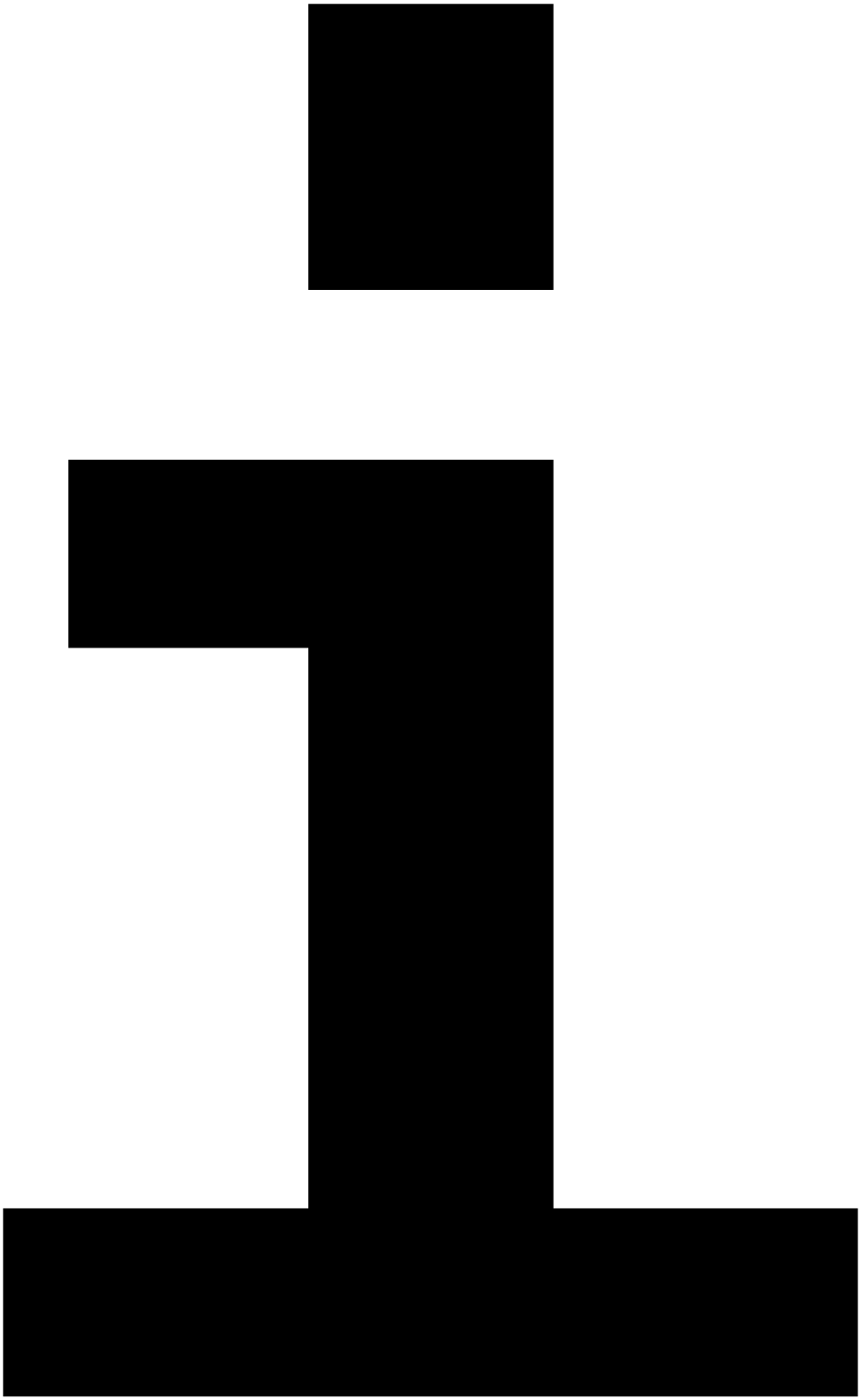
t



O

n

e



n

e

r

M

ü

ㄴ

ㄴ

V

e

r

b

r

e

n

n

u

n

g

S

a

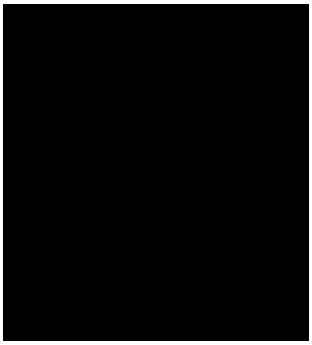
n

ㄴ

a

g

e



M

a

n

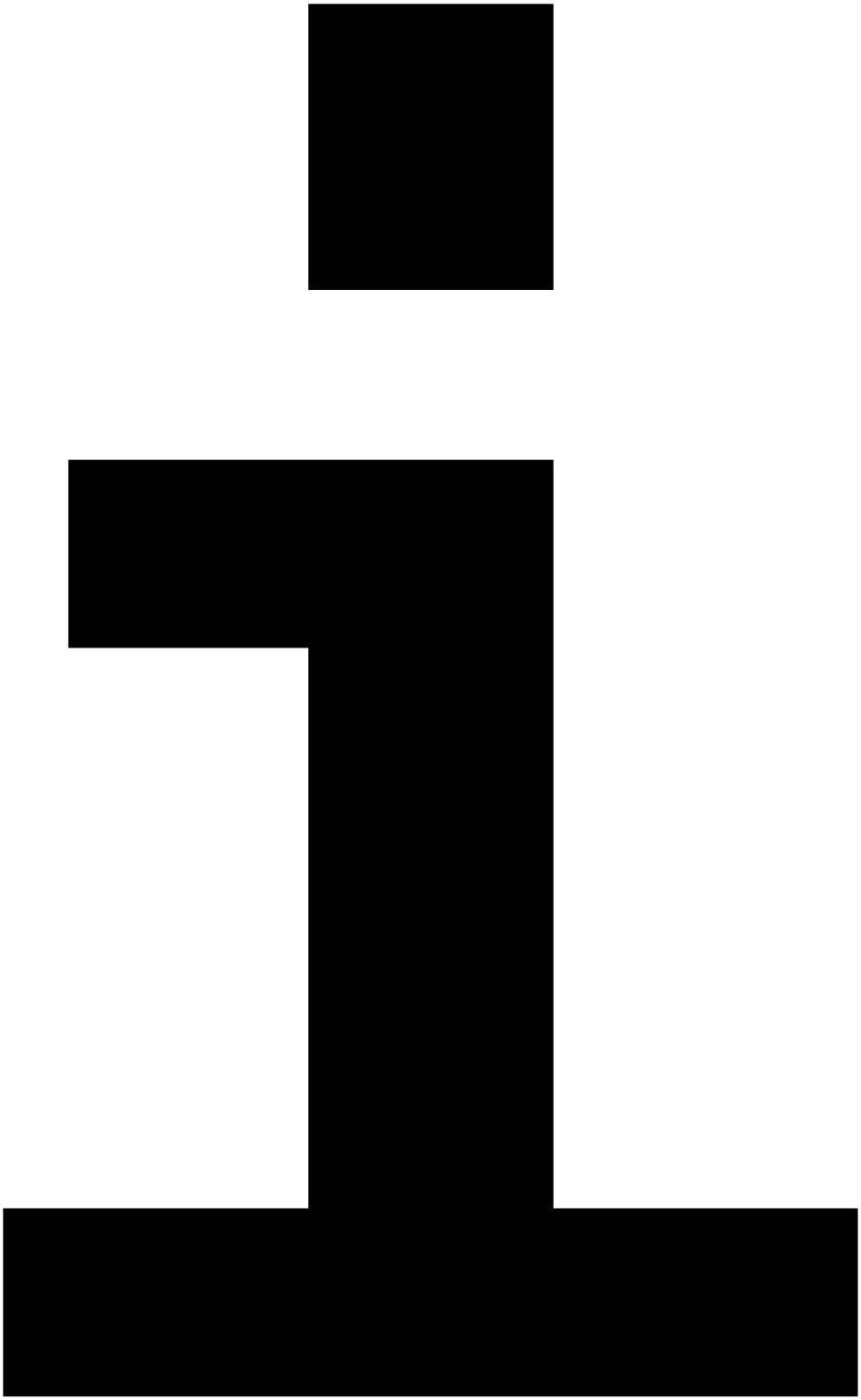
k

a

n

n

S



C

h

a

n

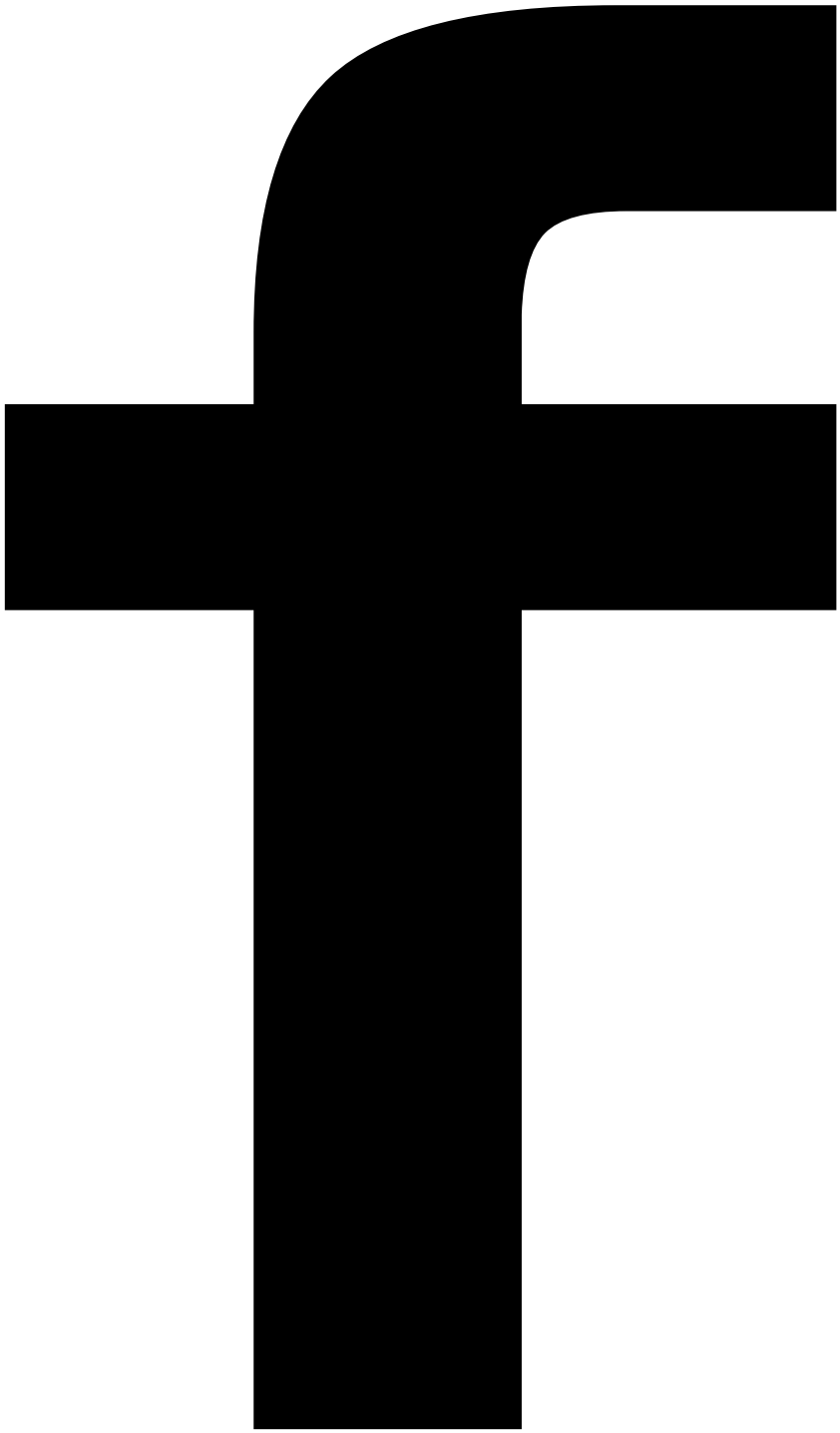
d

e

n

A

u

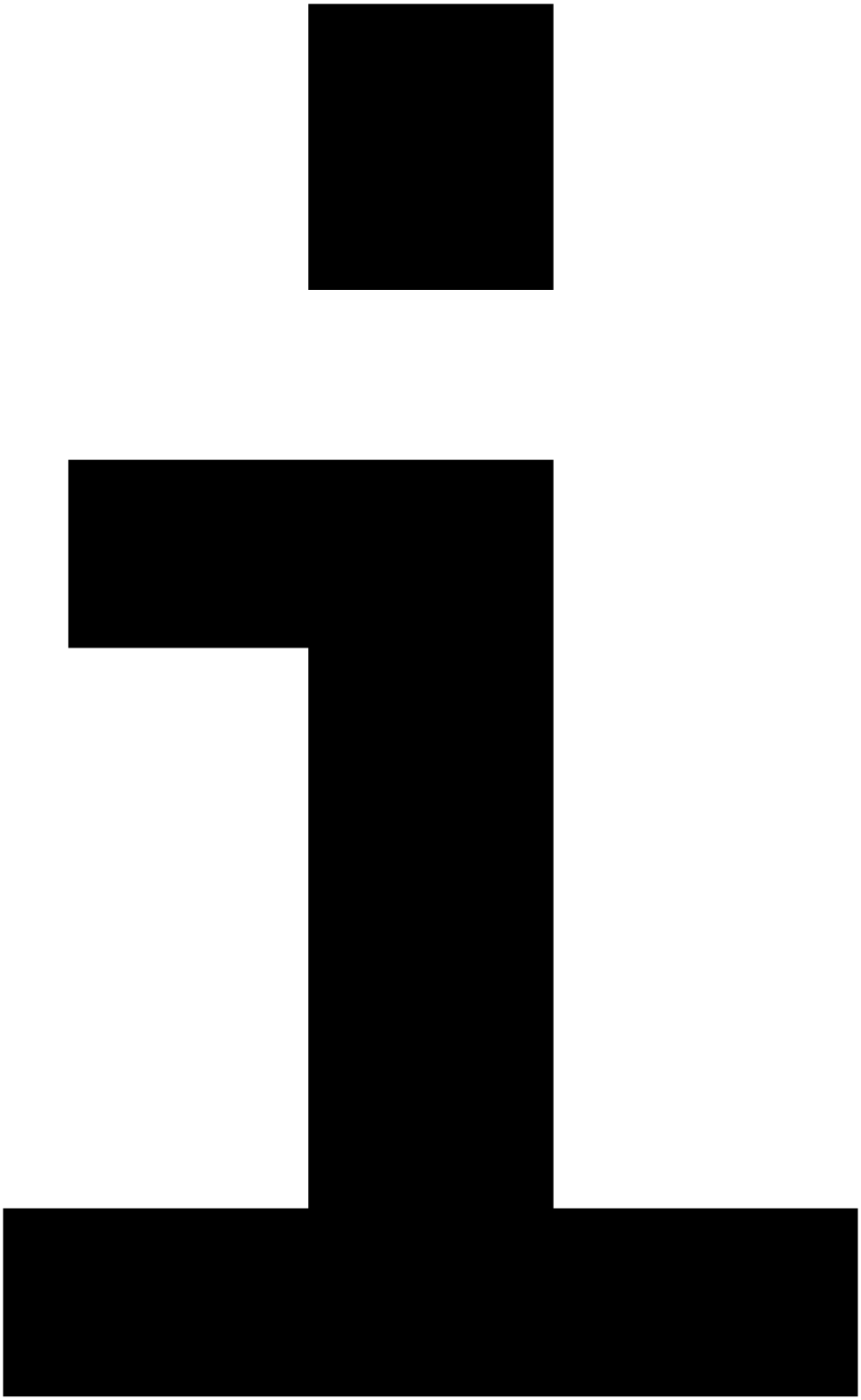


b

e

r

e



t

u

n

g

S

[redacted]

u

n

d

E

n

t

S

O

r

g

u

n

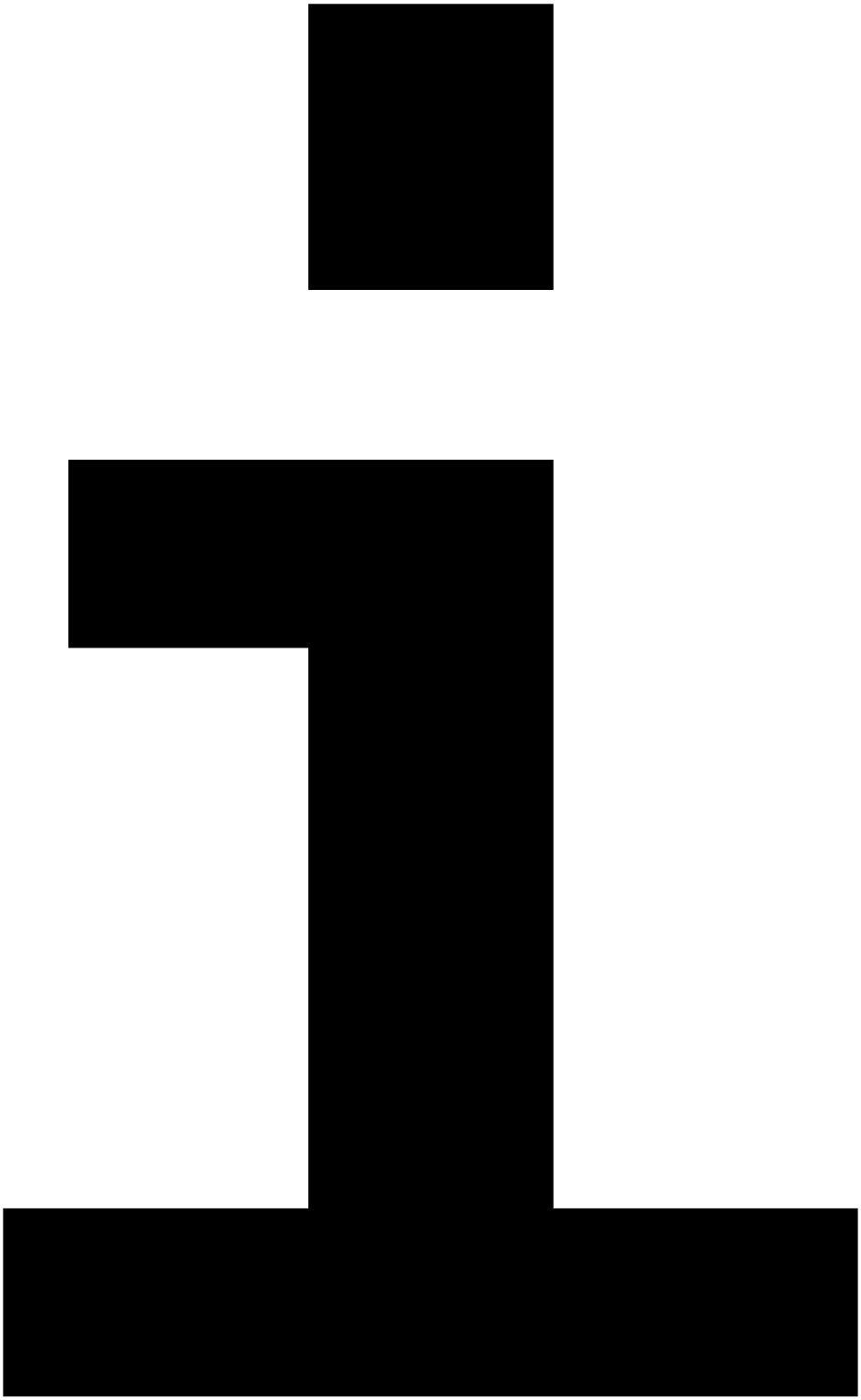
g

S

p

r

e



S

e

n

d

e

S

M

a

r

k

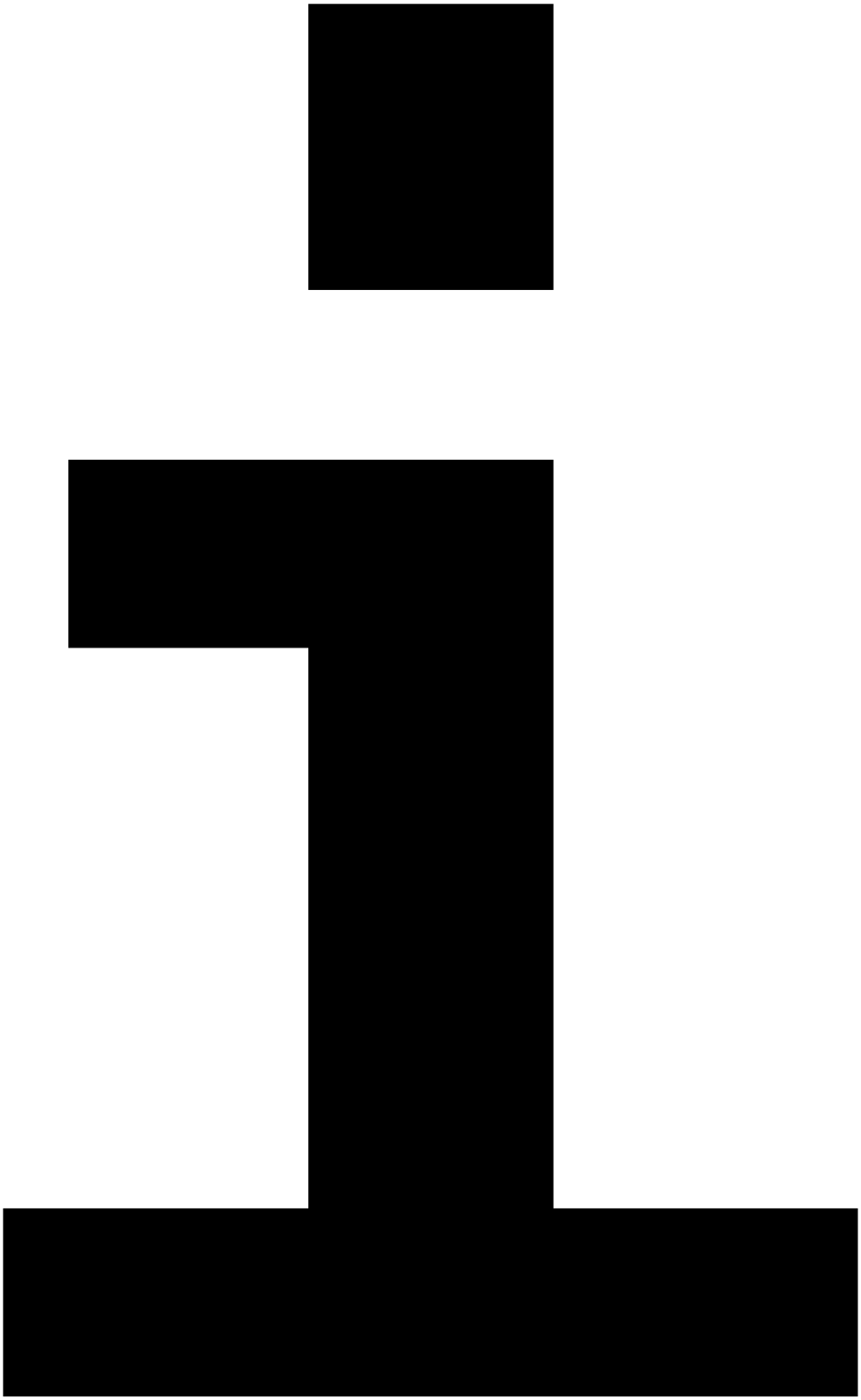
t

e

S

O

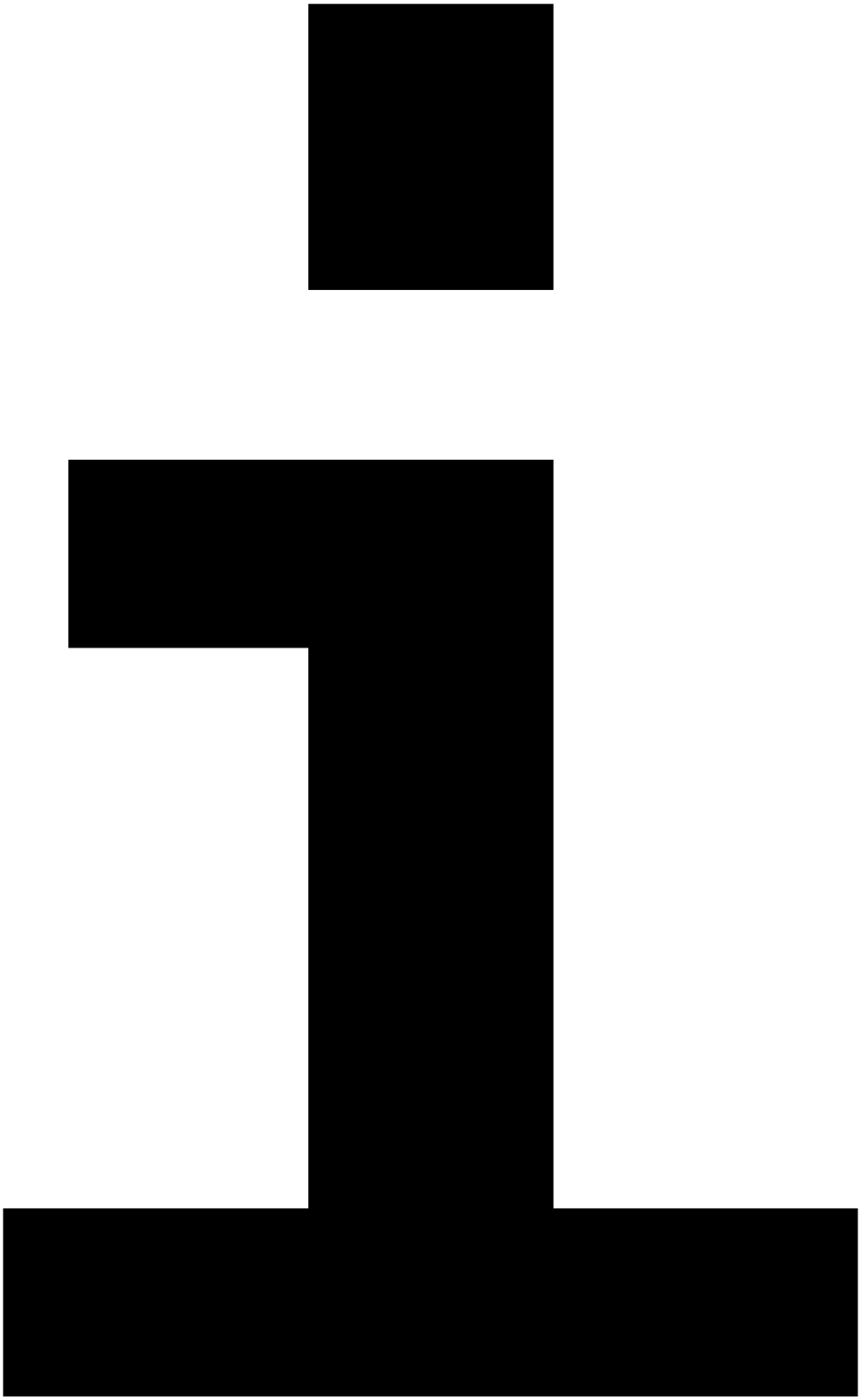
r



e

n

t

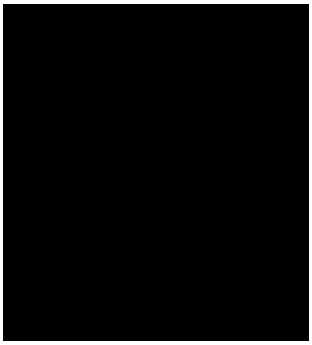


e

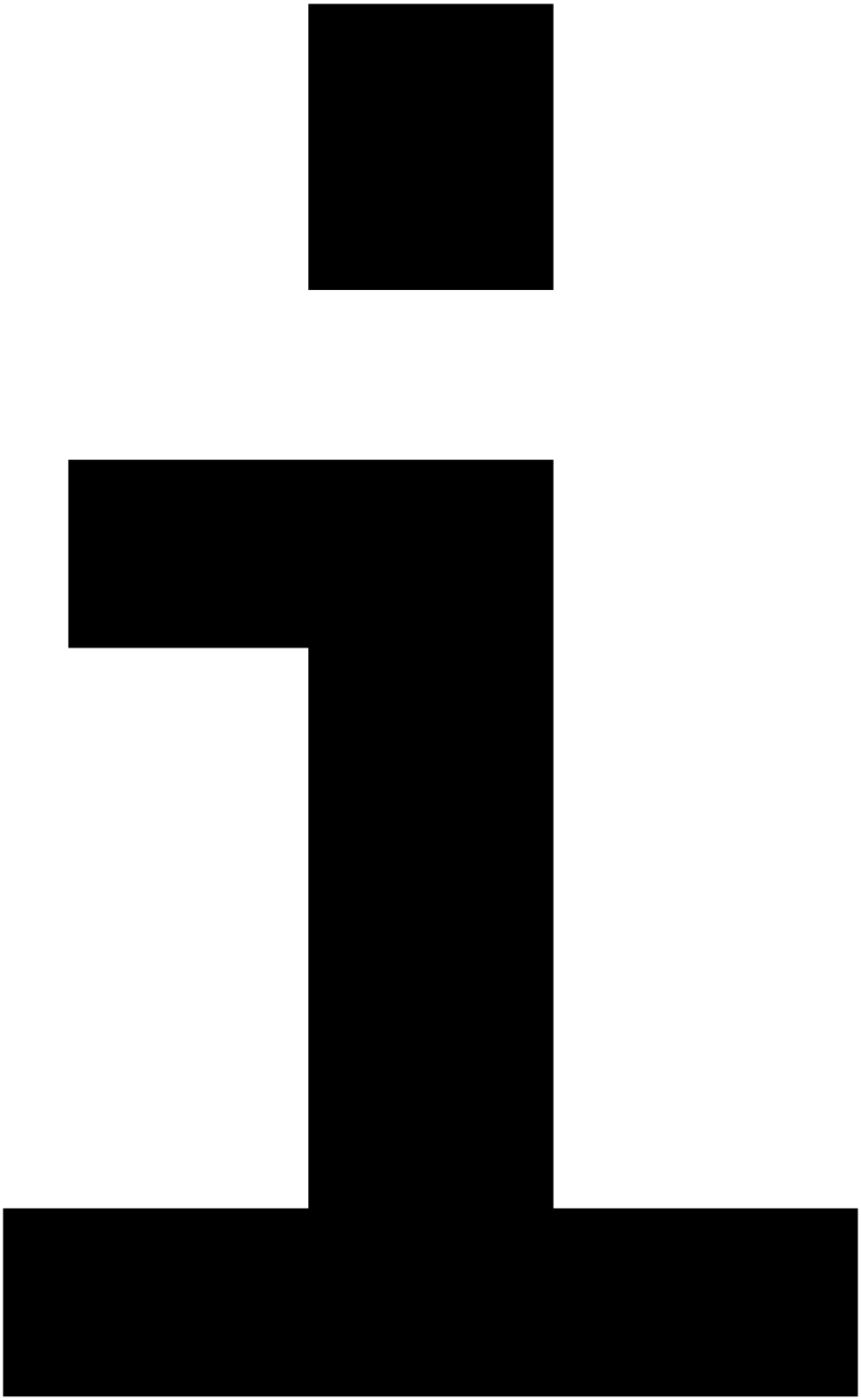
r

e

n



D

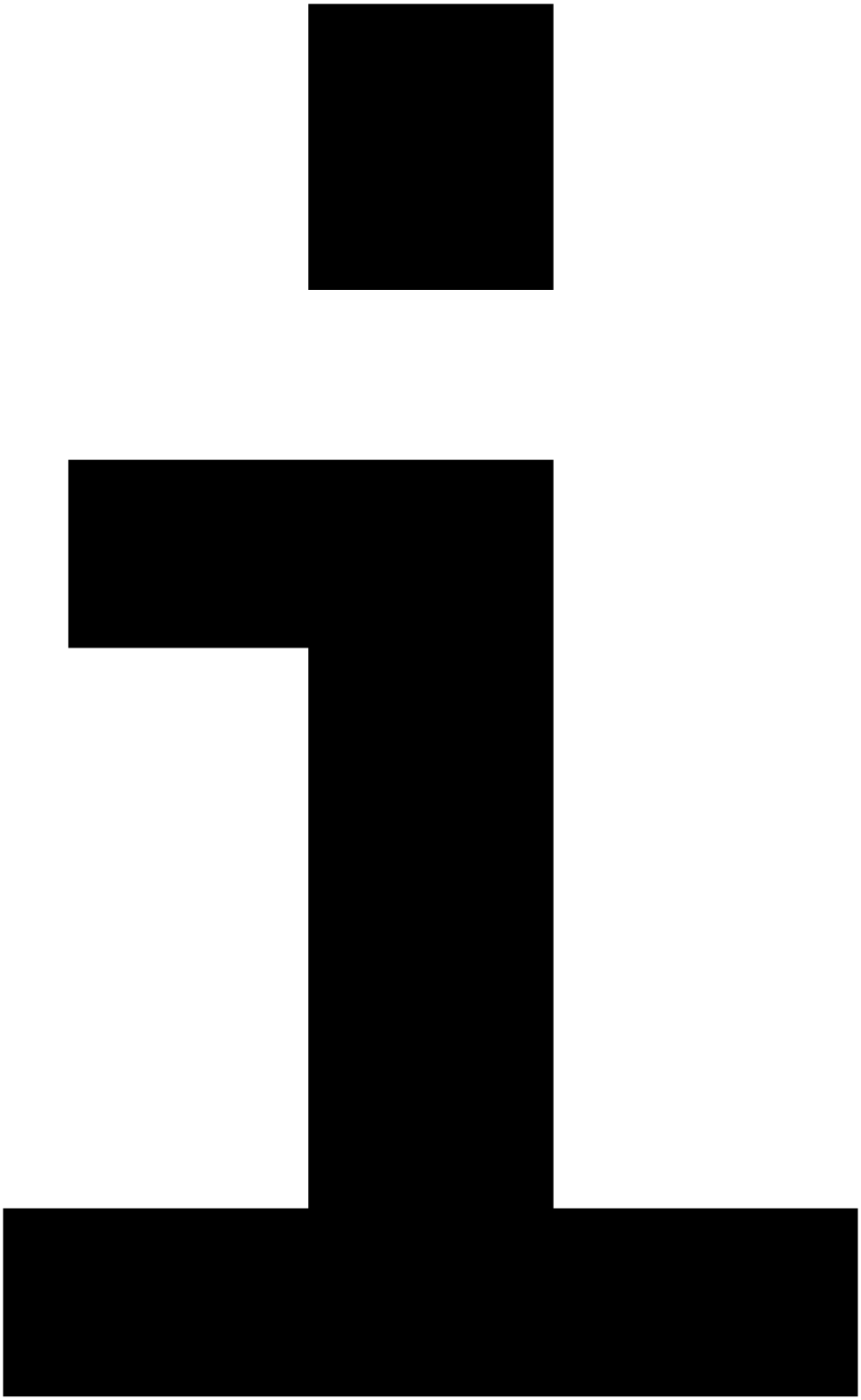


e

S

e

E



n

n

a

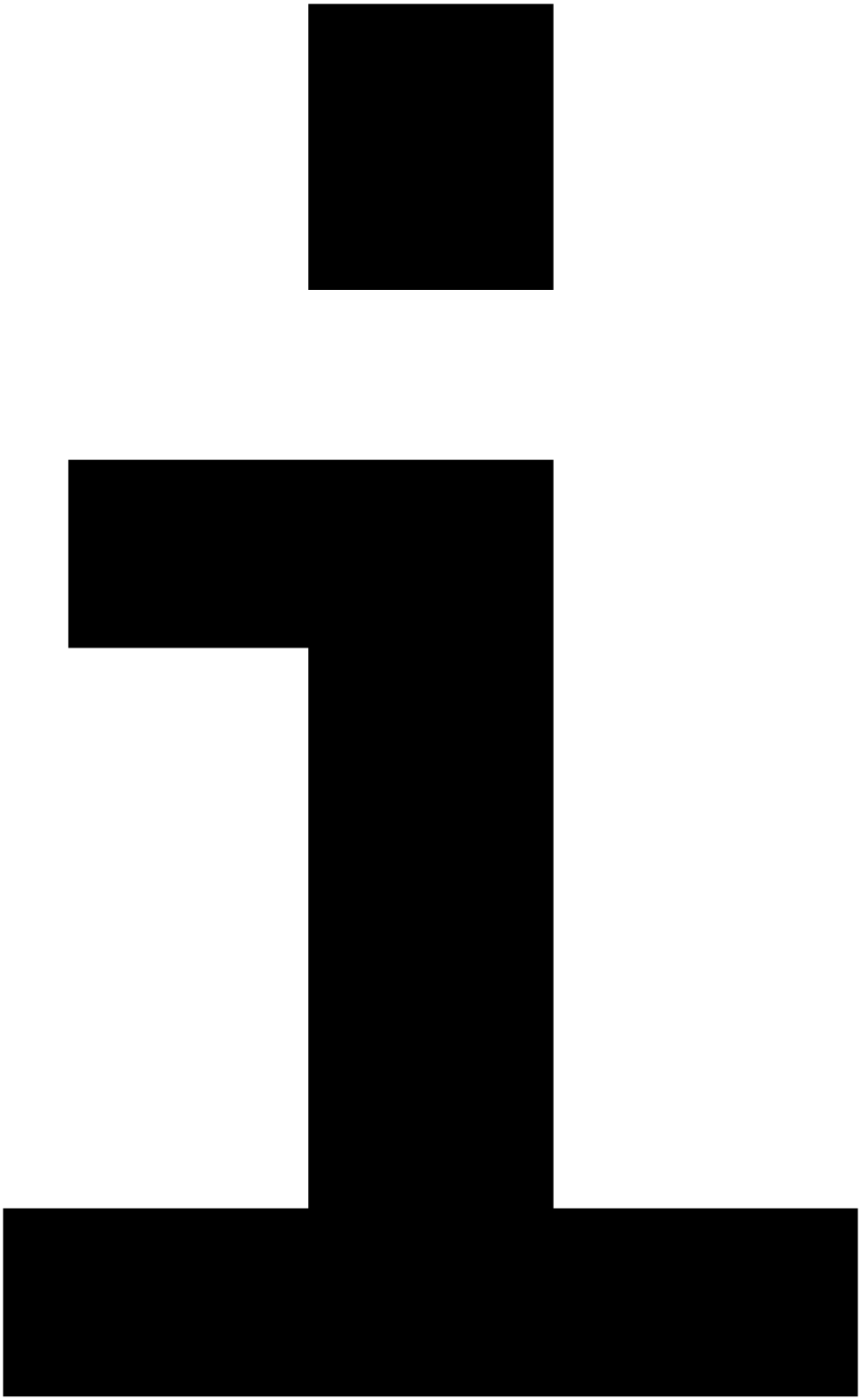
h

m

e

n

S



n

d

S

C

h

O

n

m

a

ㄴ

V

O

r

h

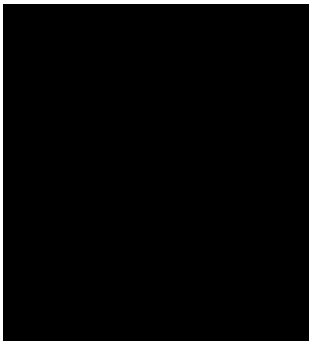
a

n

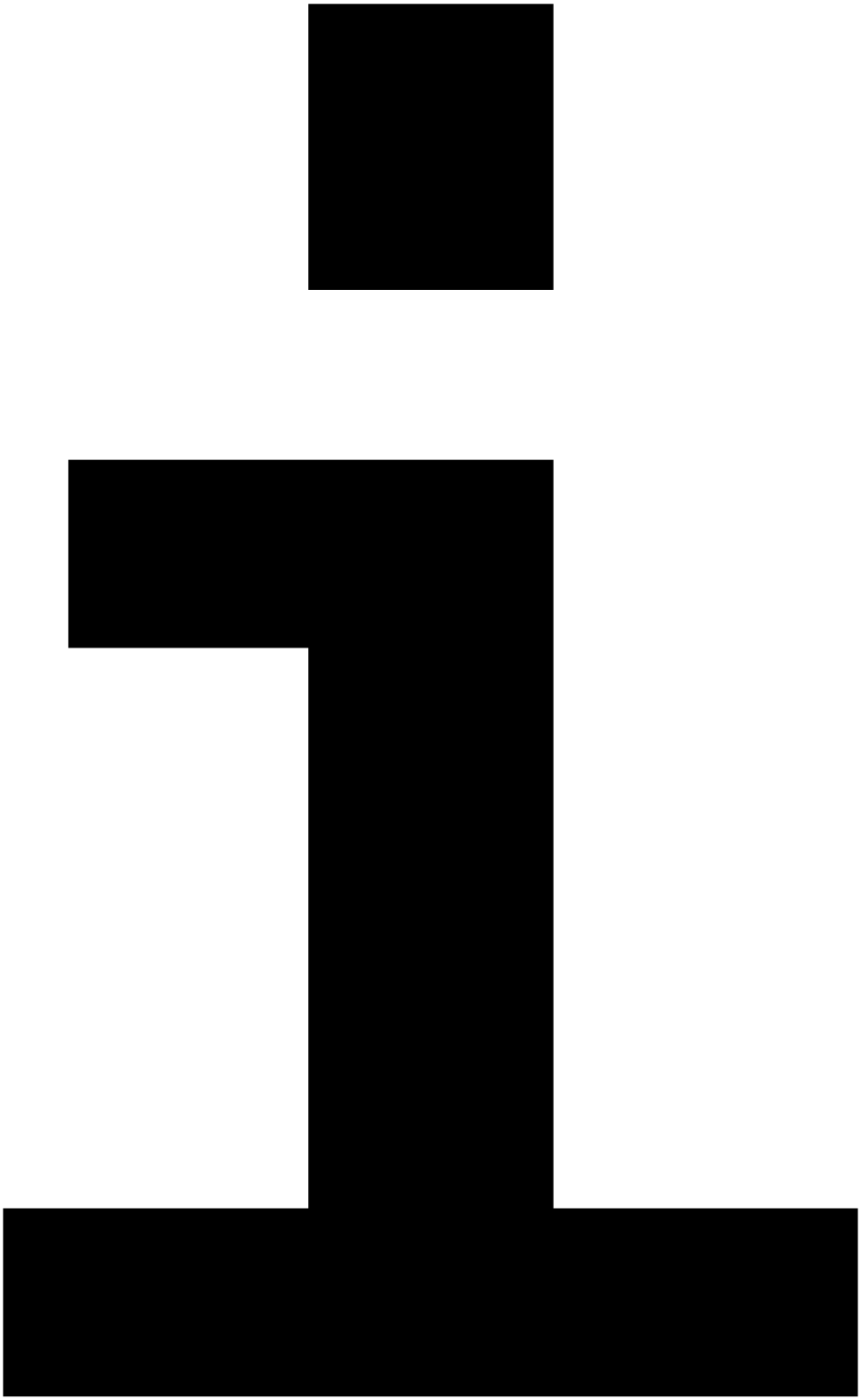
d

e

n



D



e

S

t

r

O

m

p

r

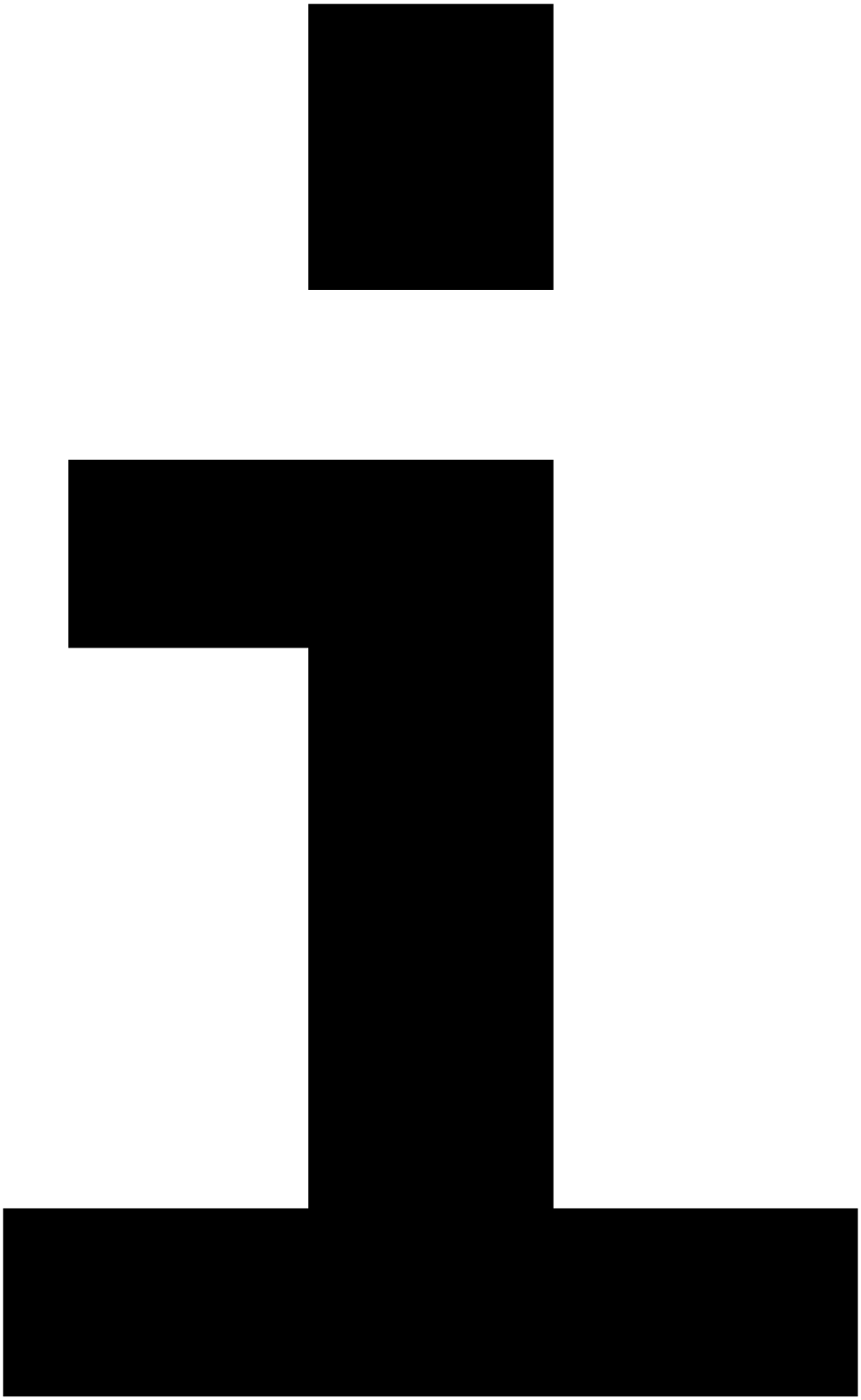
O

d

u

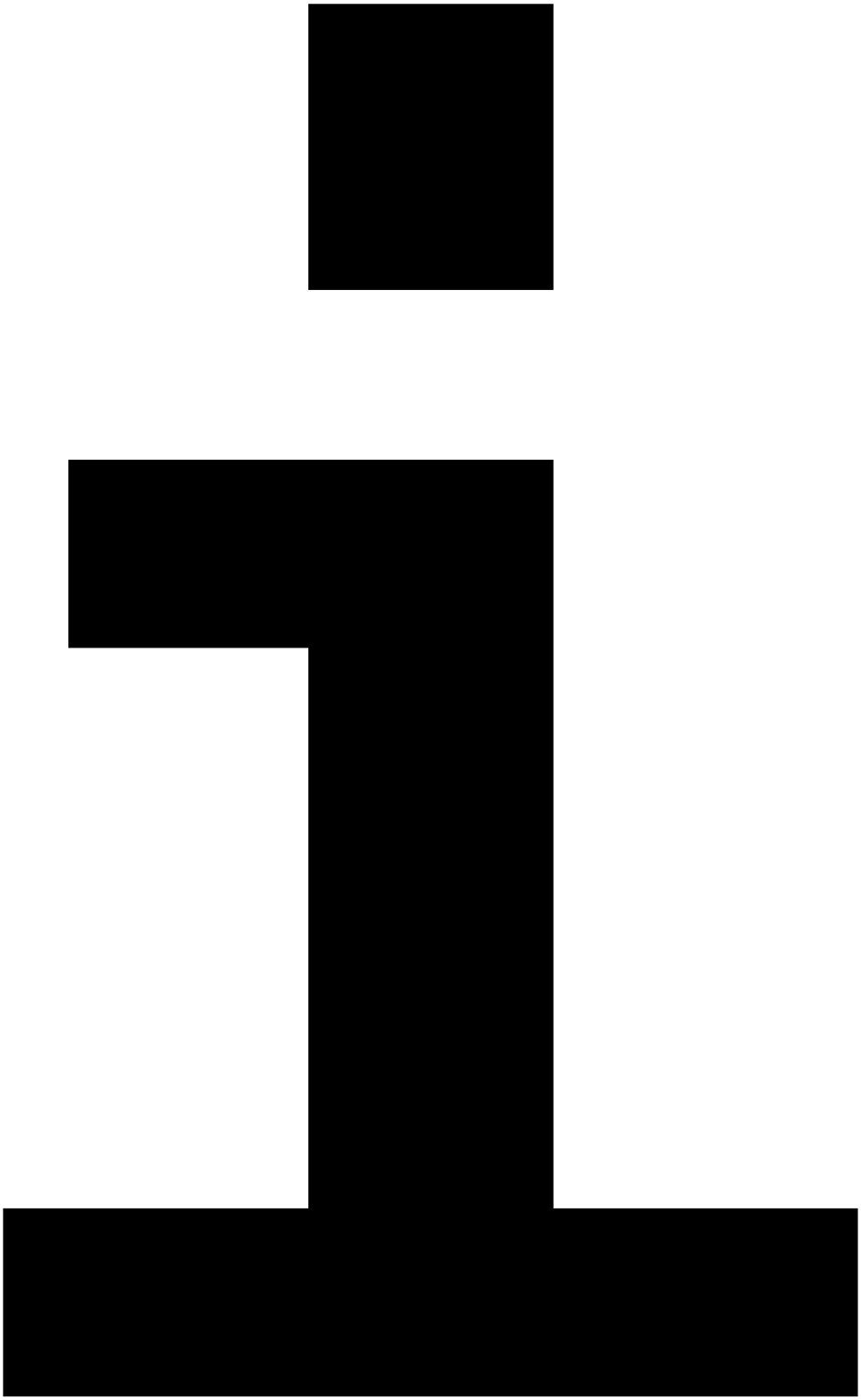
k

t



O

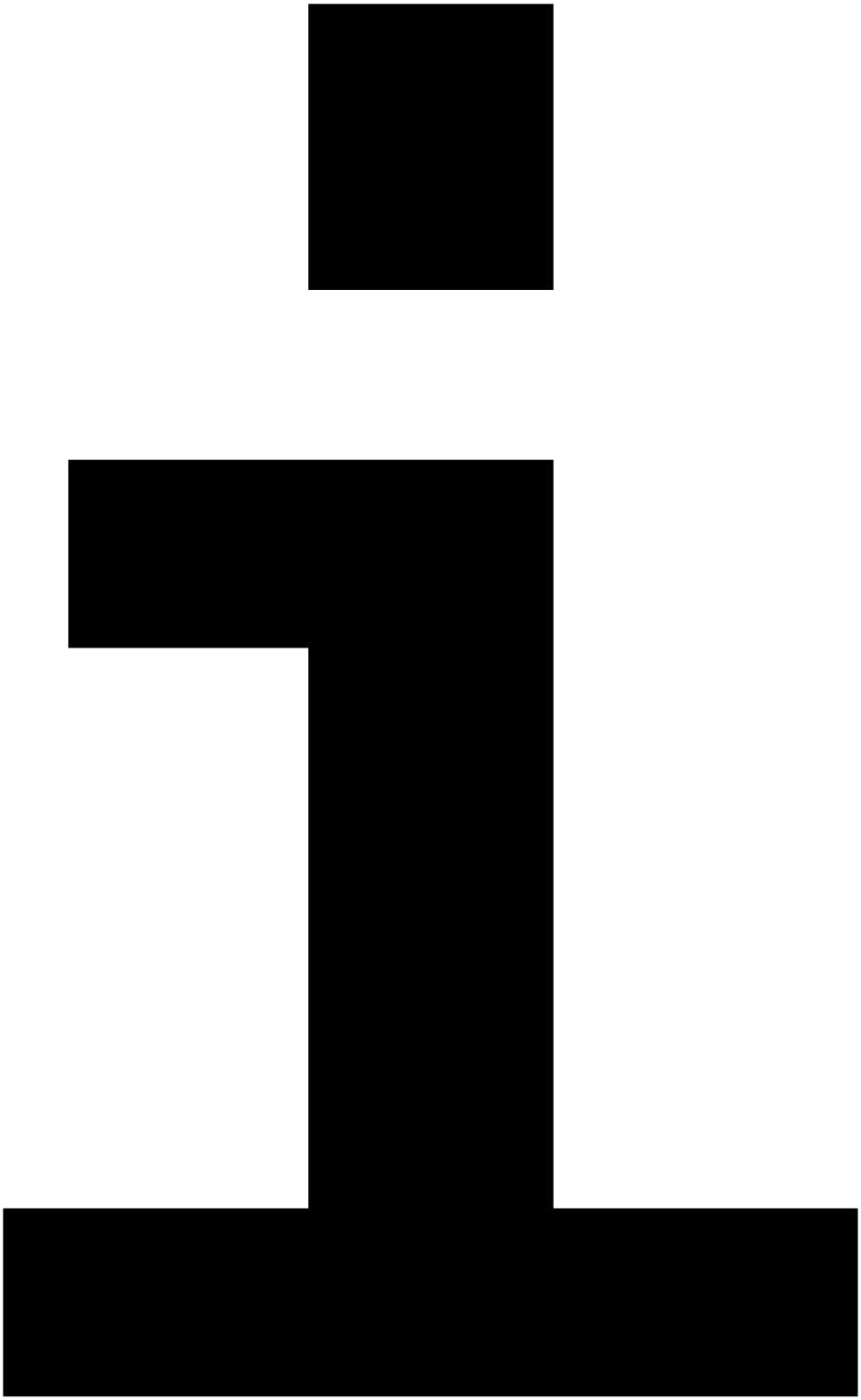
n



S

t

e



n

Z

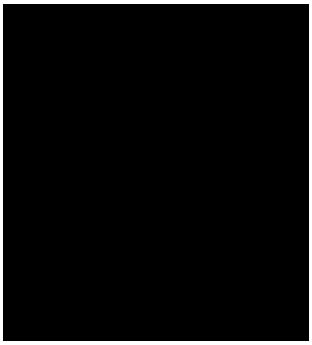
u

b

r

O

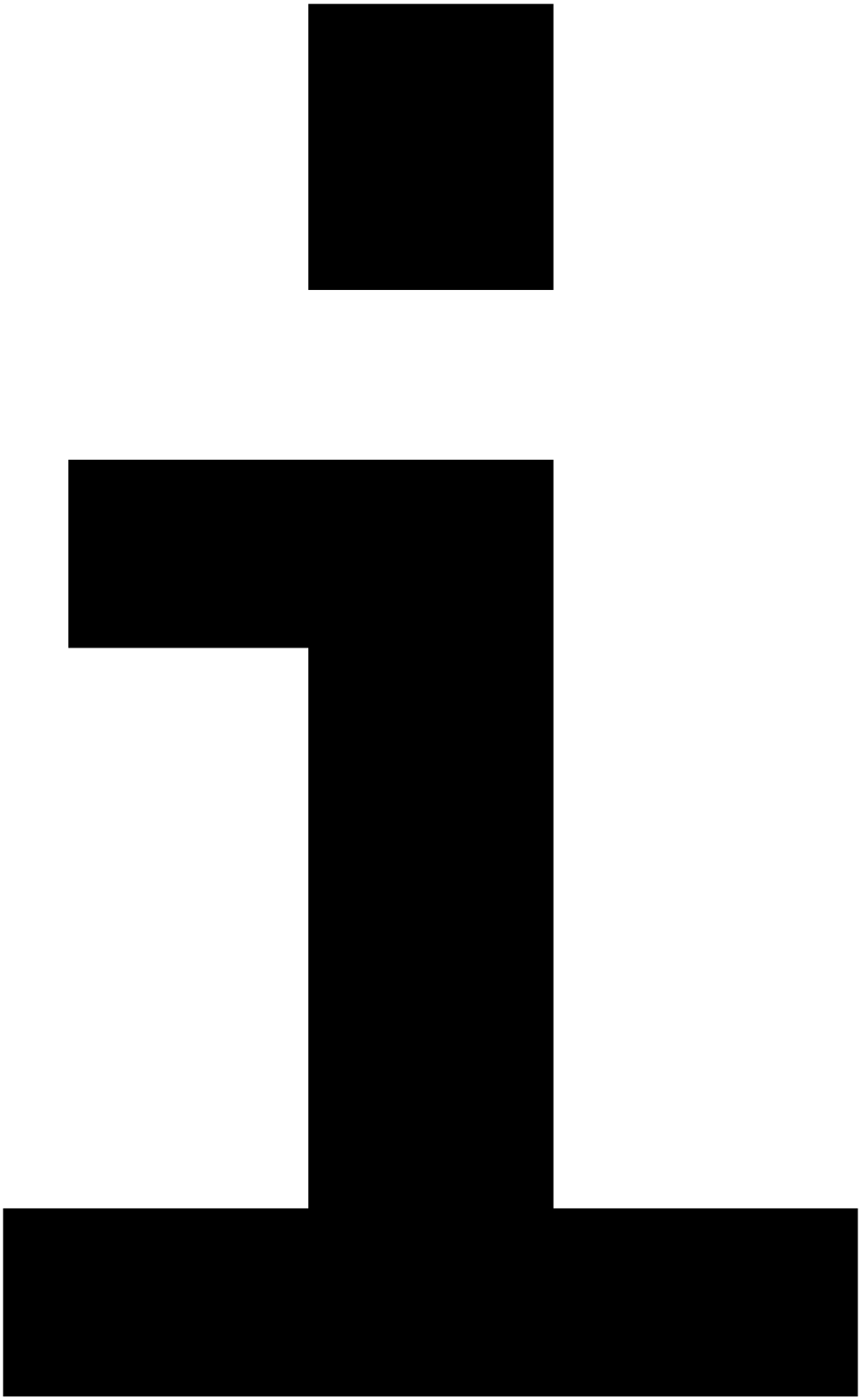
t



E

S

W



r

d

n

O

C

h

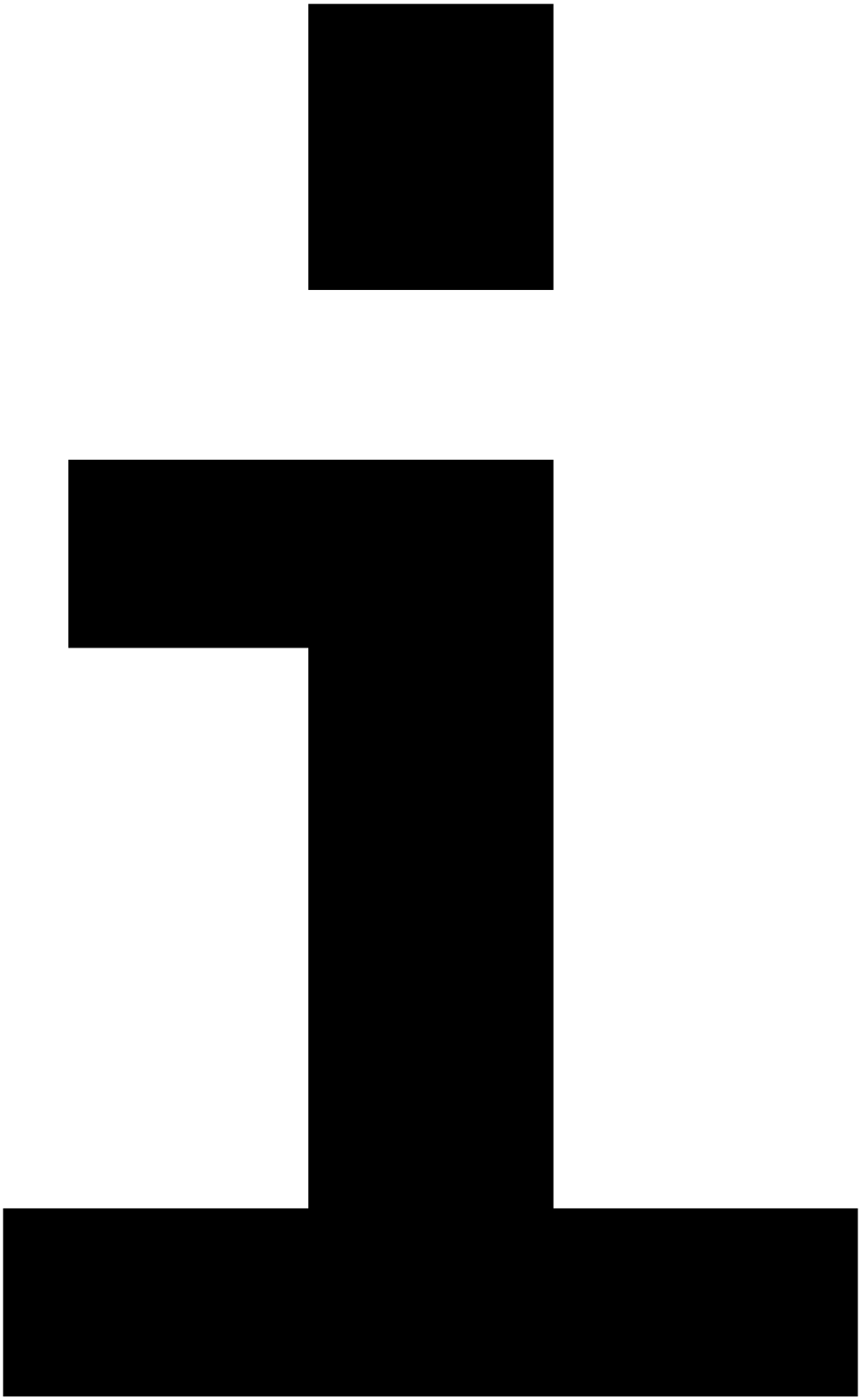
S

e

h

r

V



e

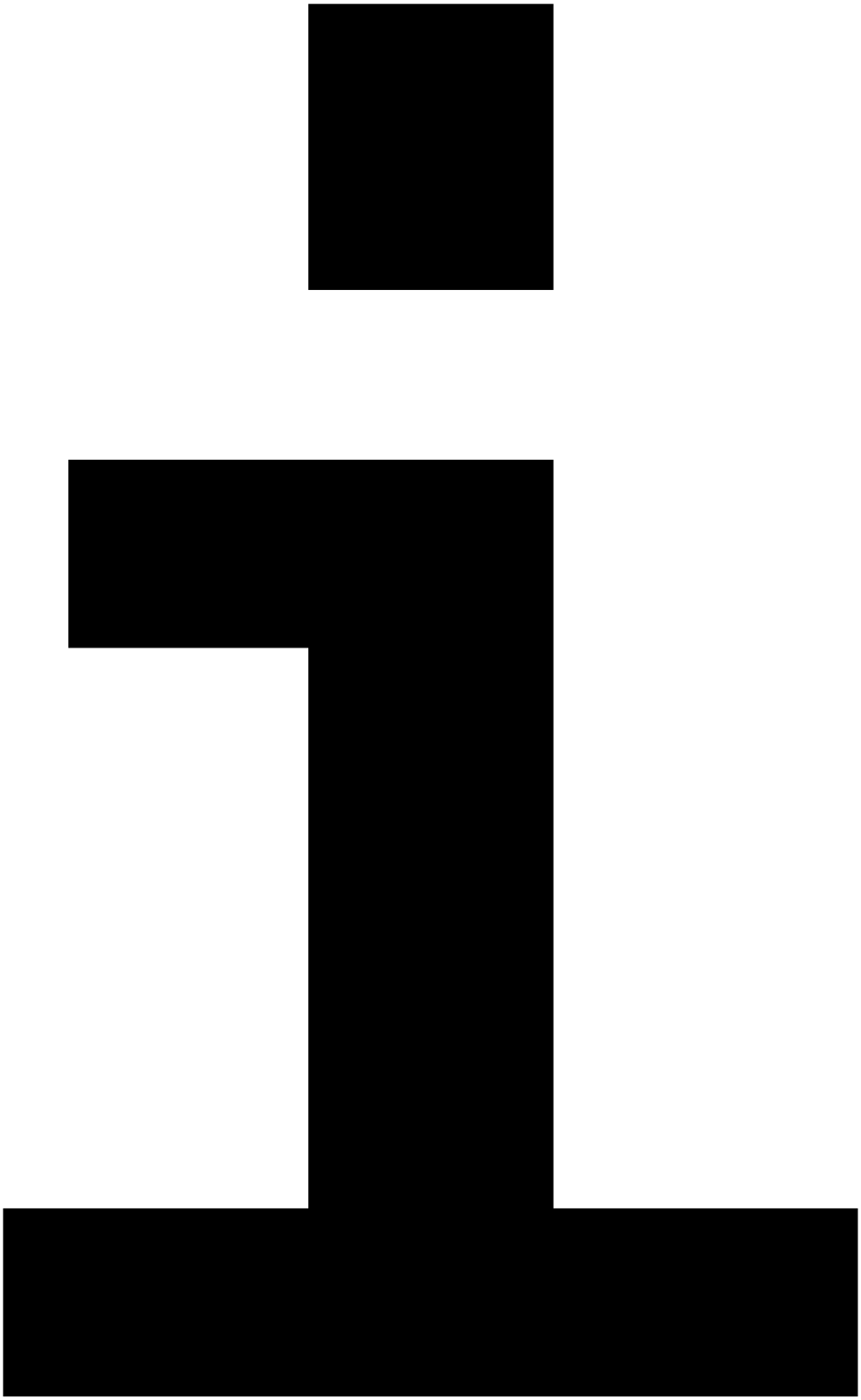
ㄴ

E

n

t

W



C

k

ㄴ

u

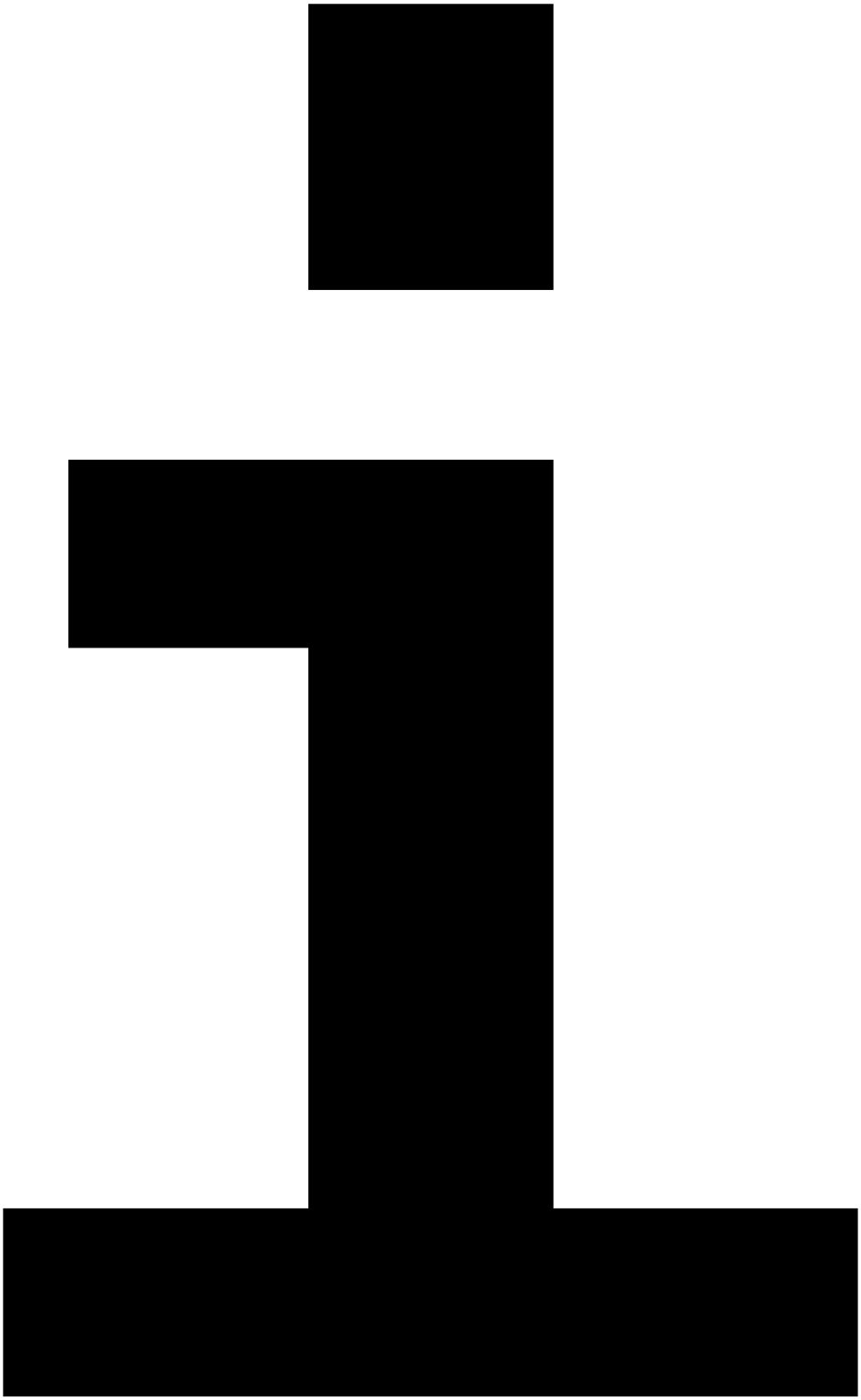
n

g

S

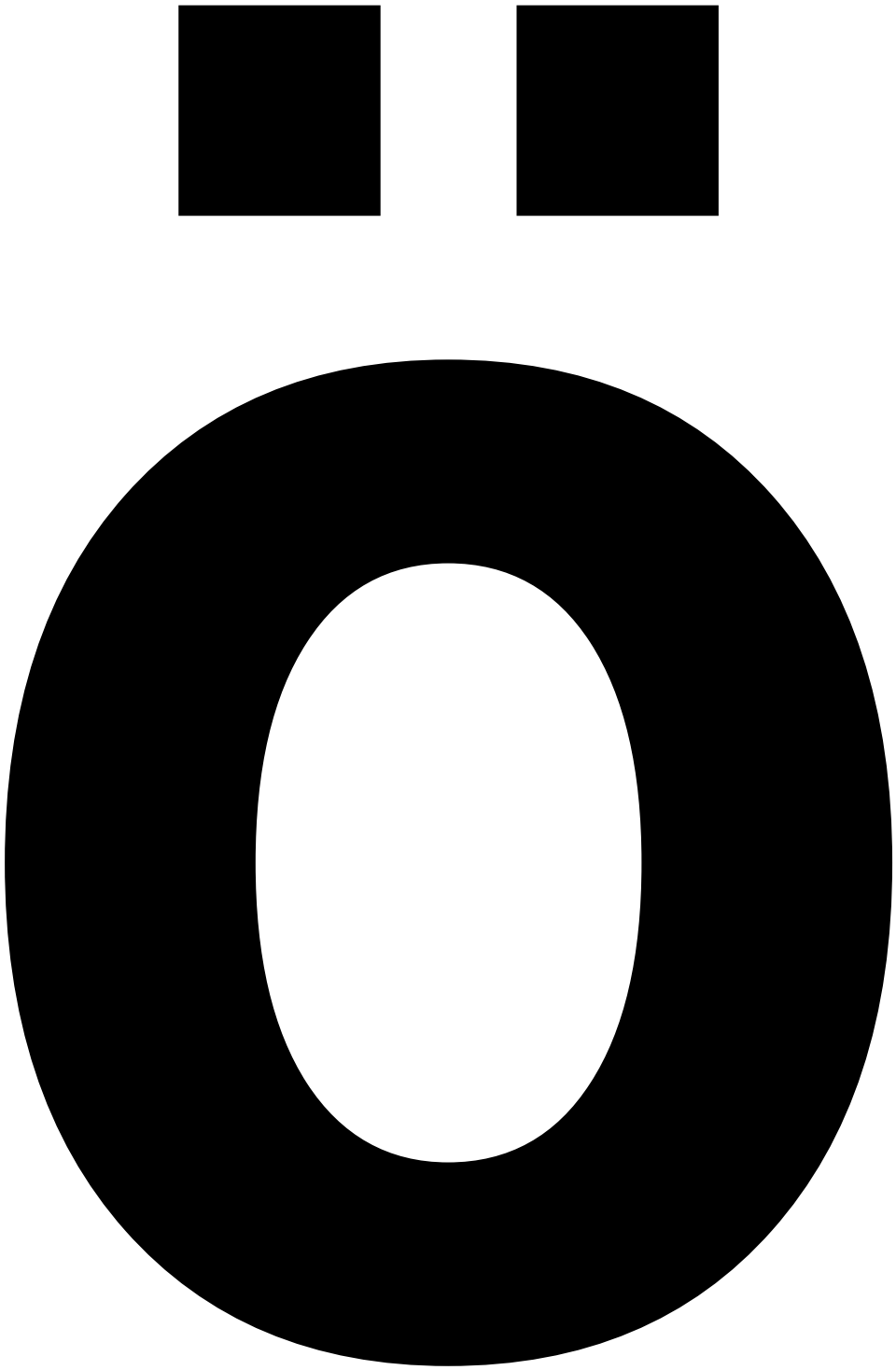
Z

e

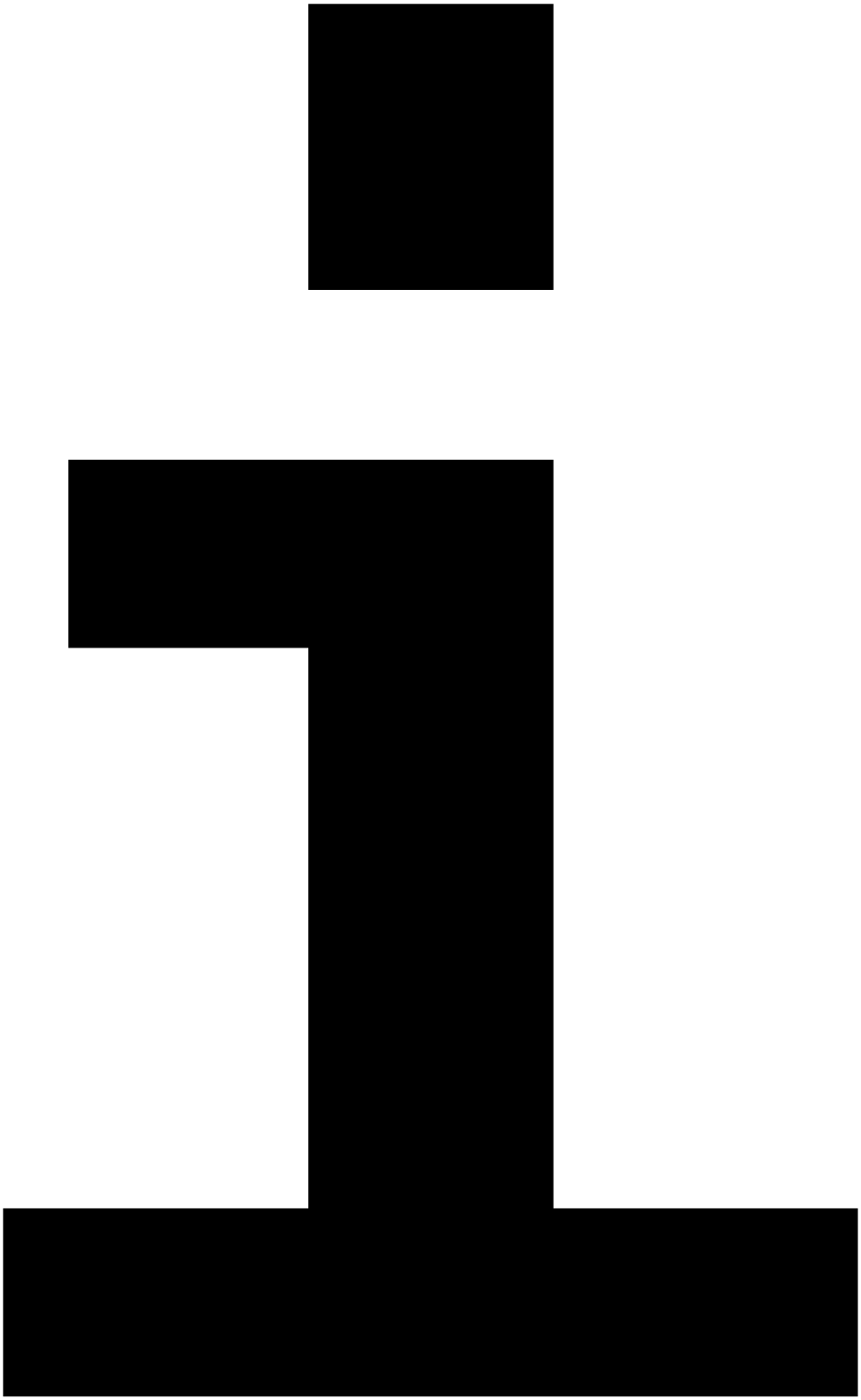


t

n



t



g

W

e

r

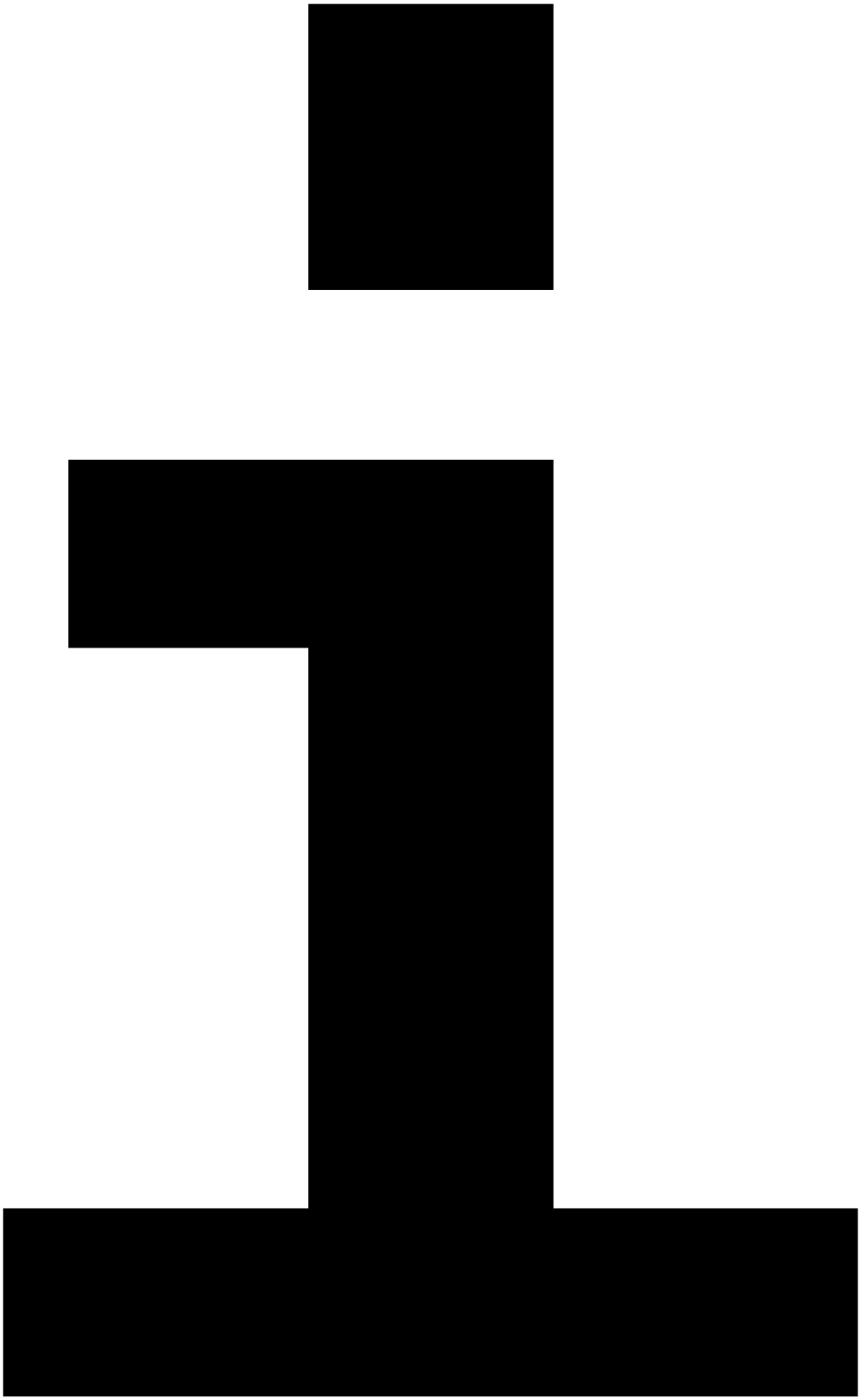
d

e

n

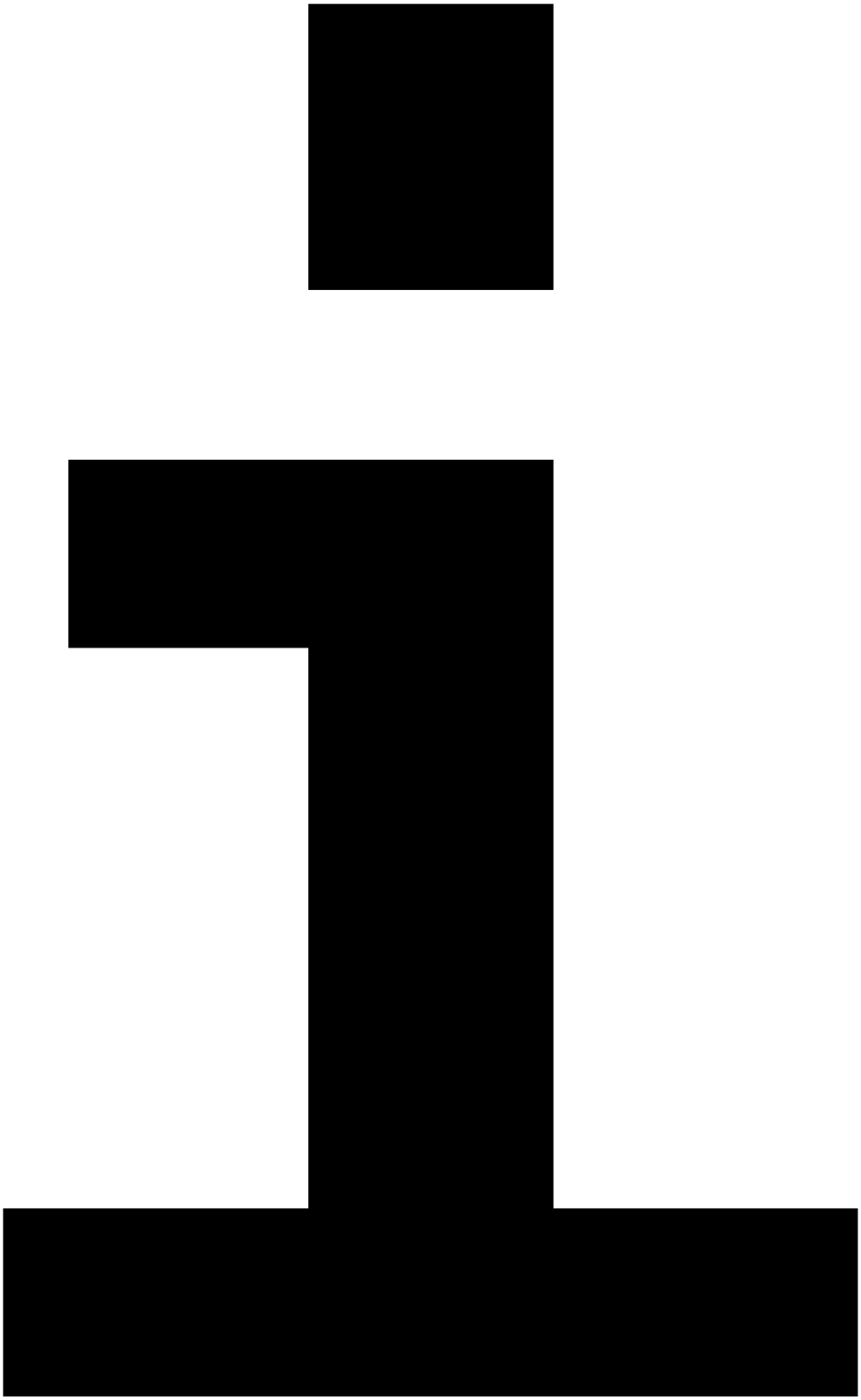
’

b



S

e



n

g

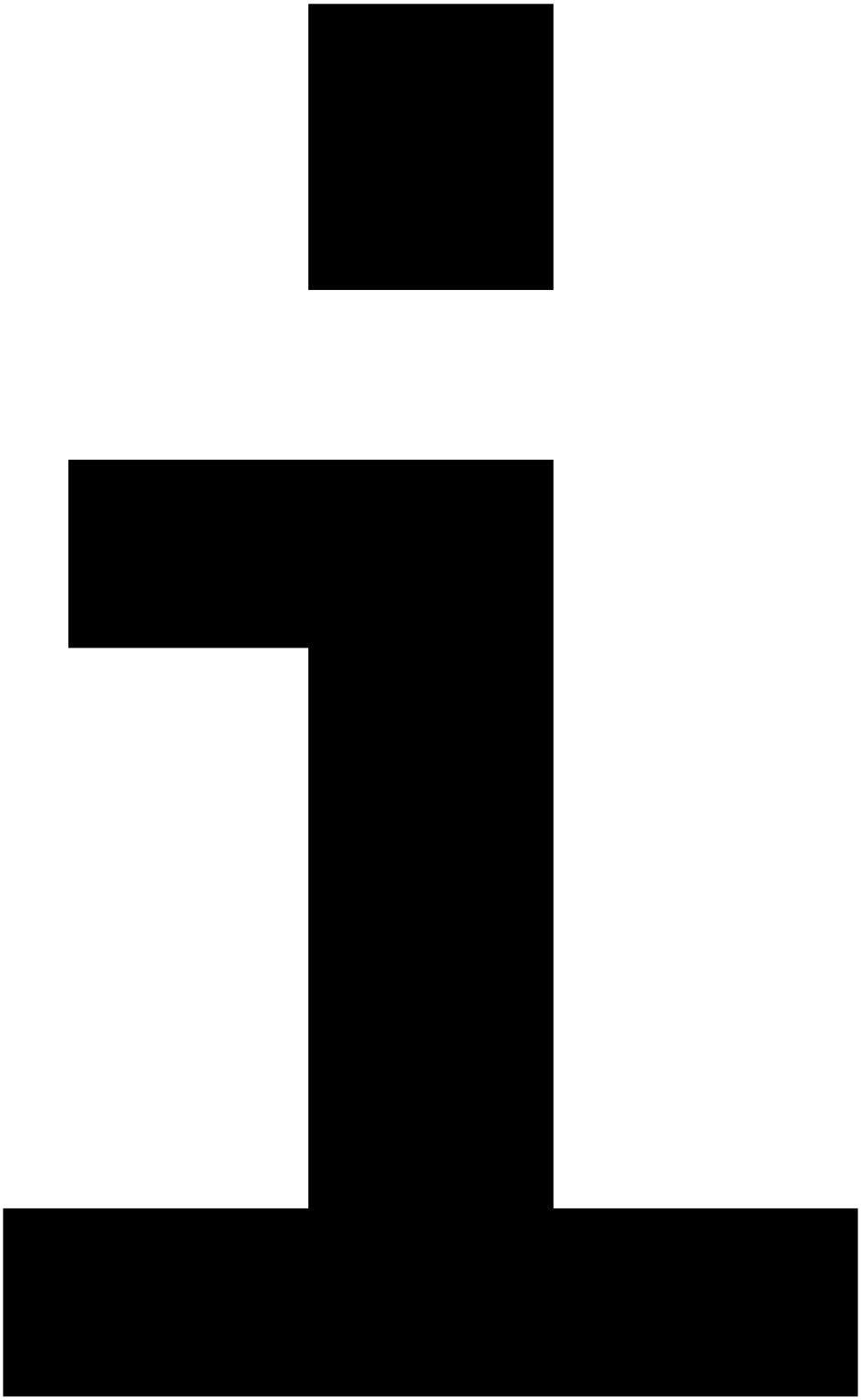
e

n

e

h

m



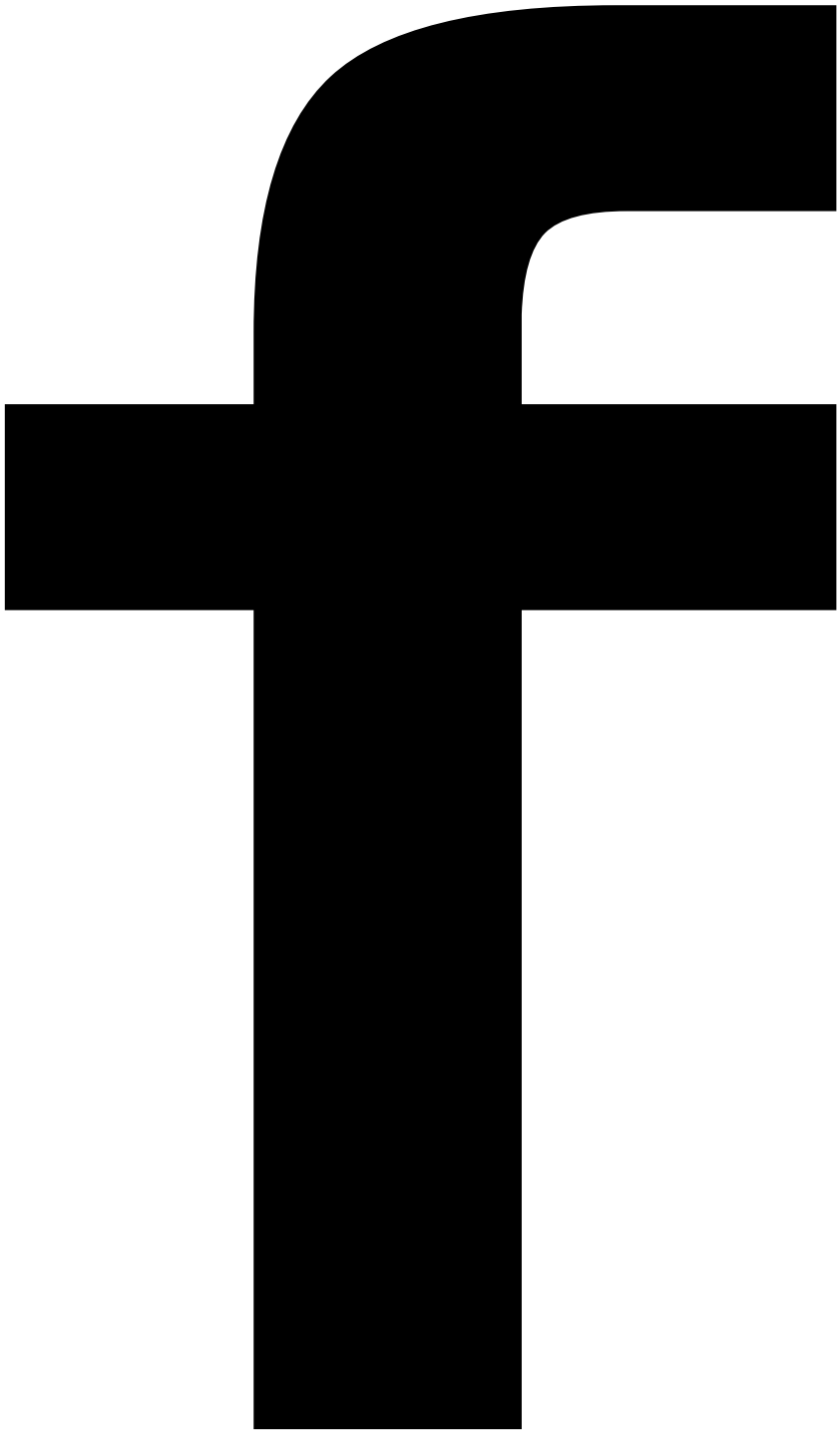
g

u

n

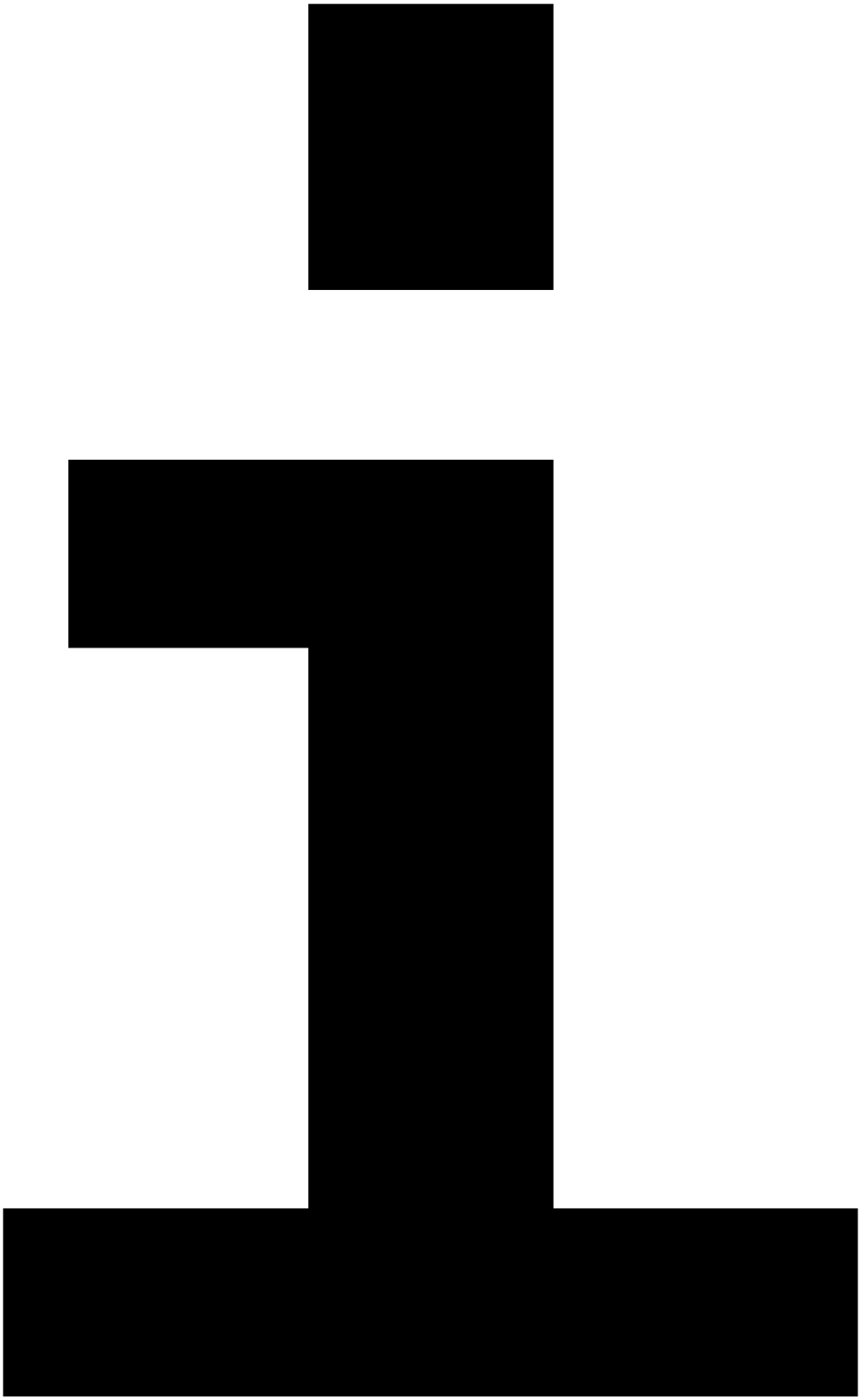
g

S



ä

h



g

e

r

R

e

a

k

t

O

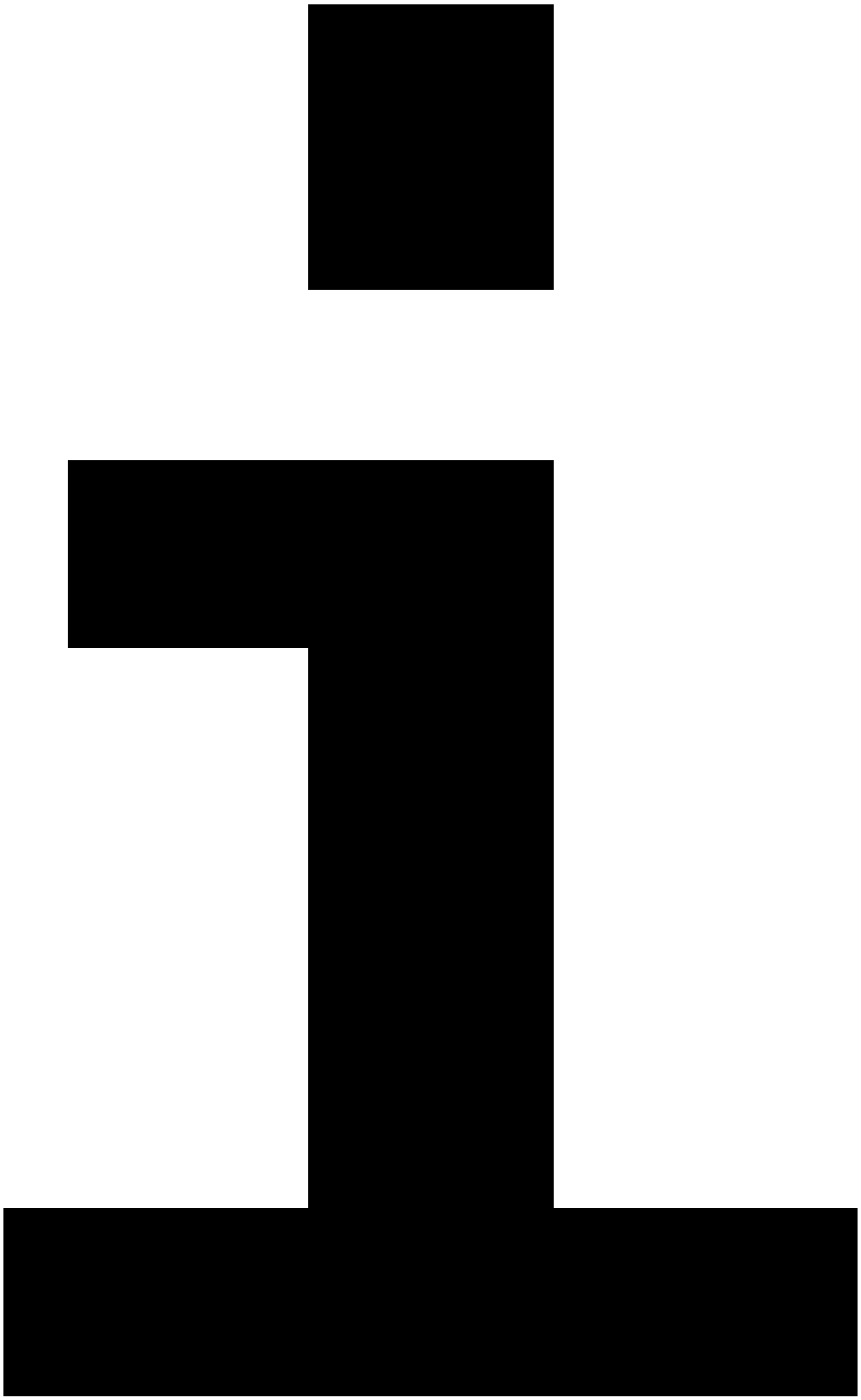
r

V

O

r

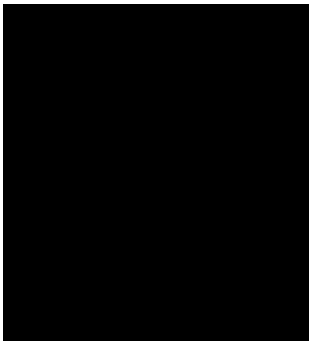
ㄴ



e

g

t



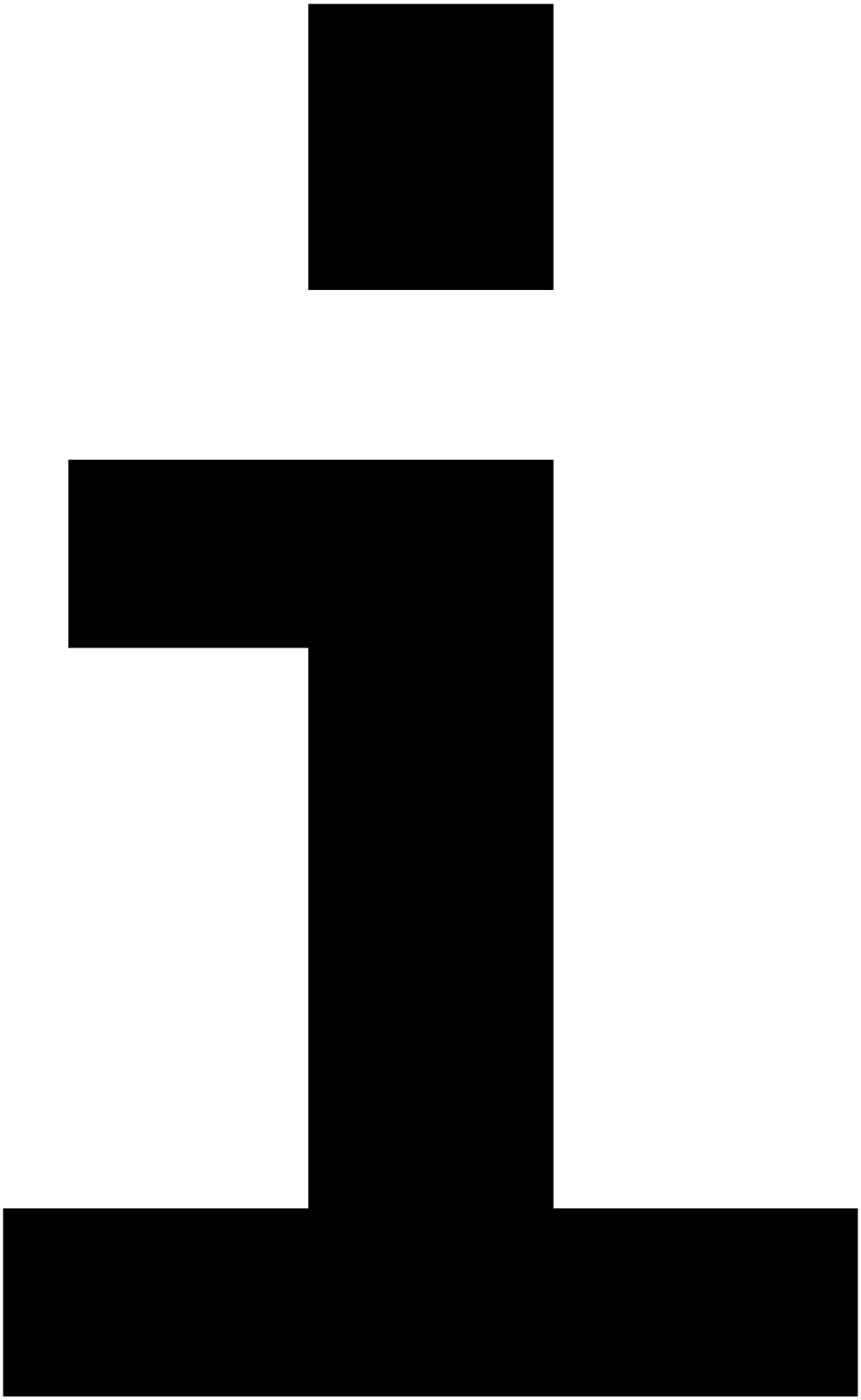
A

u

C

h

d



e

K

O

S

t

e

n

S

C

h

ä

t

Z

u

n

g

ü

b

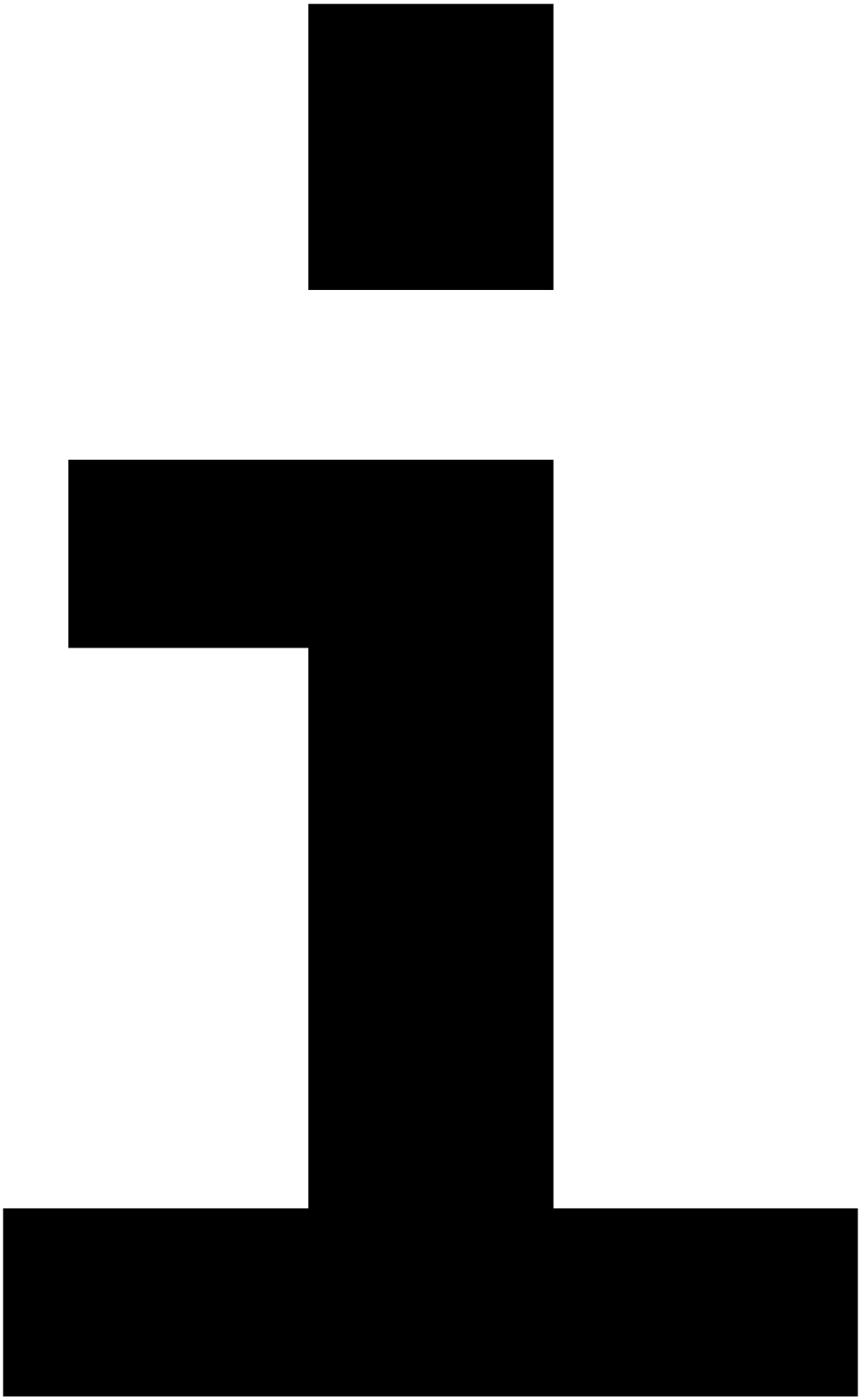
e

r

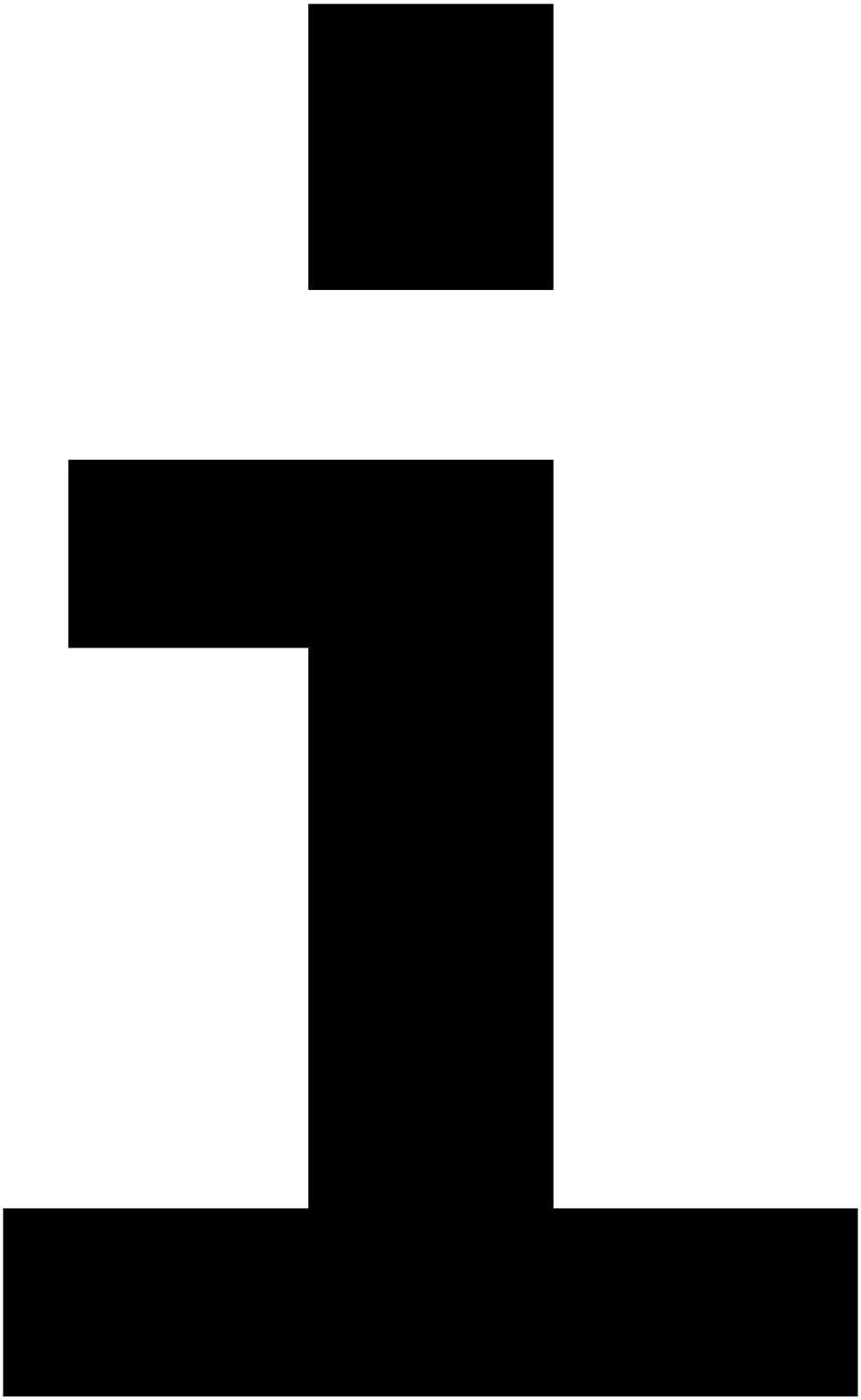
Z

W

e

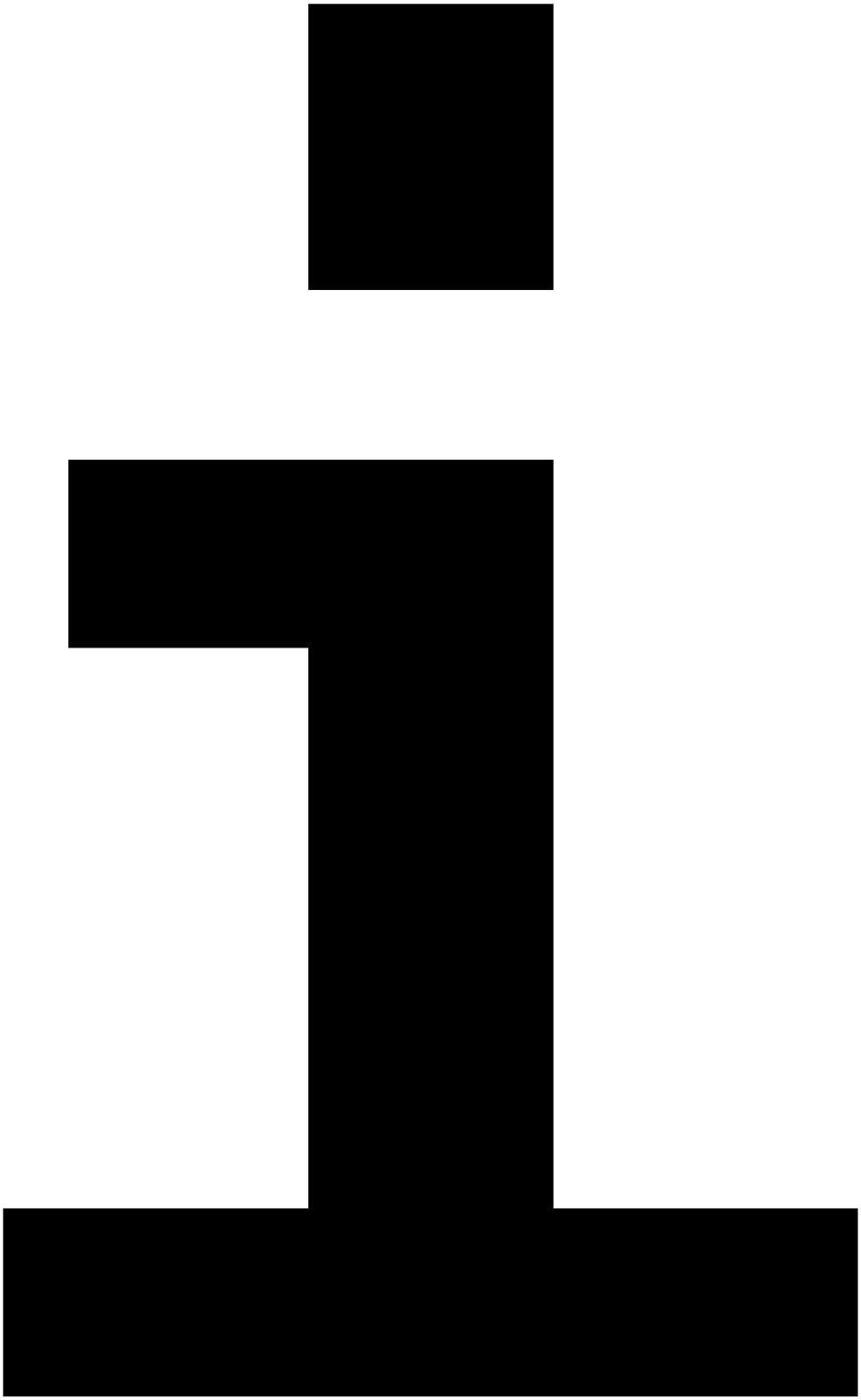


M



ㄴ

ㄴ



a

r

d

e

n

D

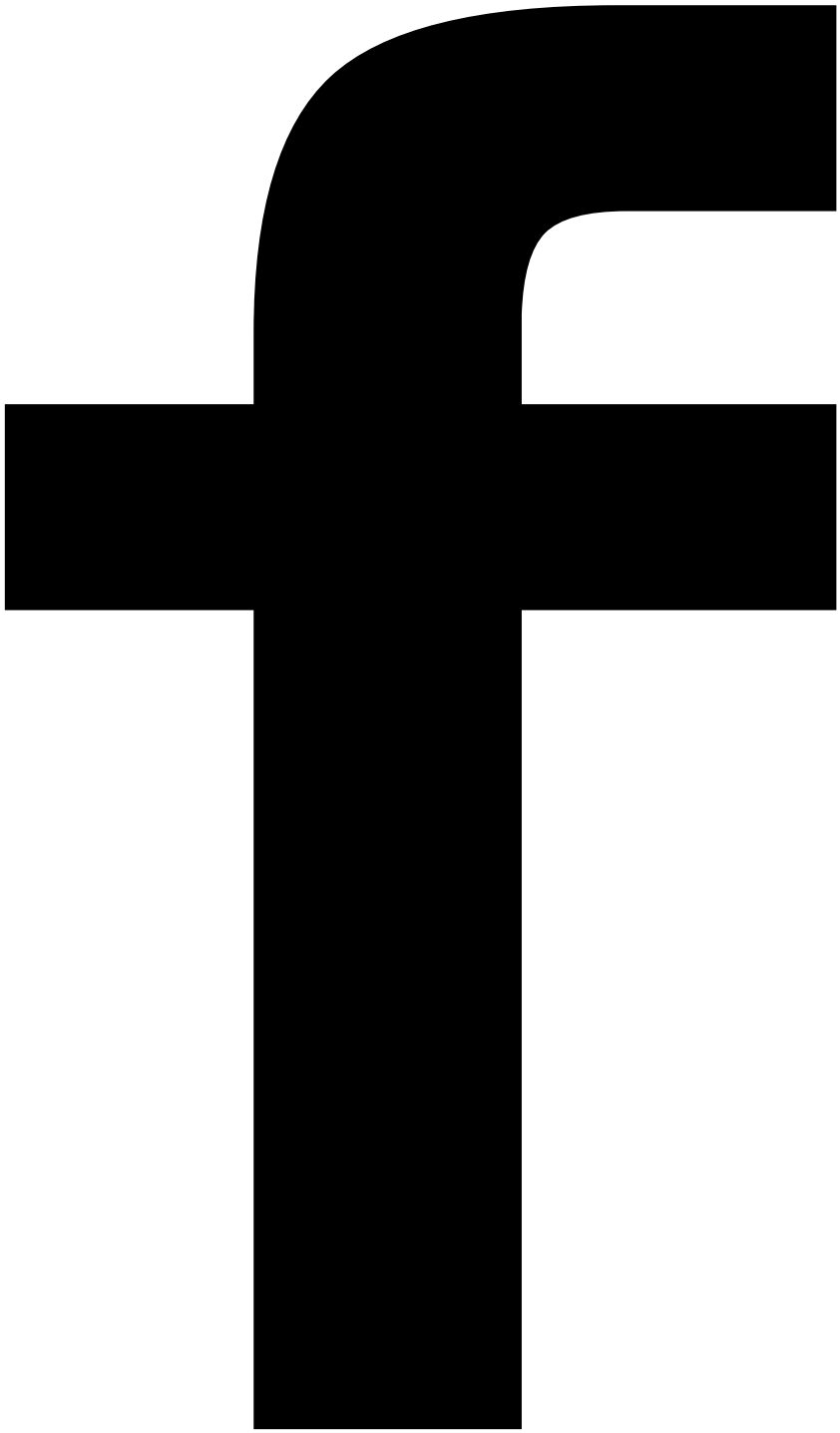
O

ㄴ

ㄴ

a

r



ü

r

d

e

n

e

r

S

t

e

n

k

O

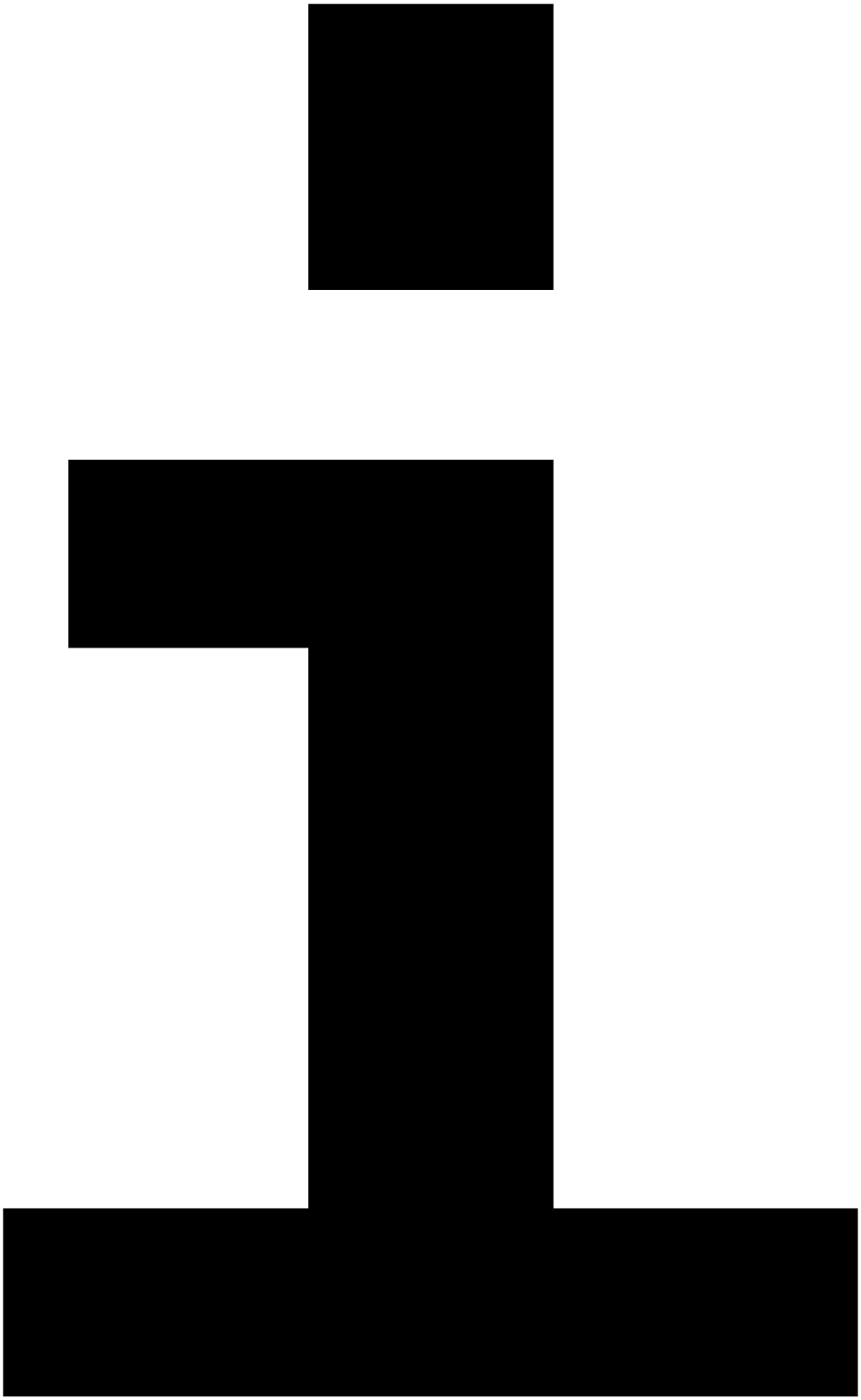
m

m

e

r

Z



e

ㄴ

ㄴ

e

n

R

e

a

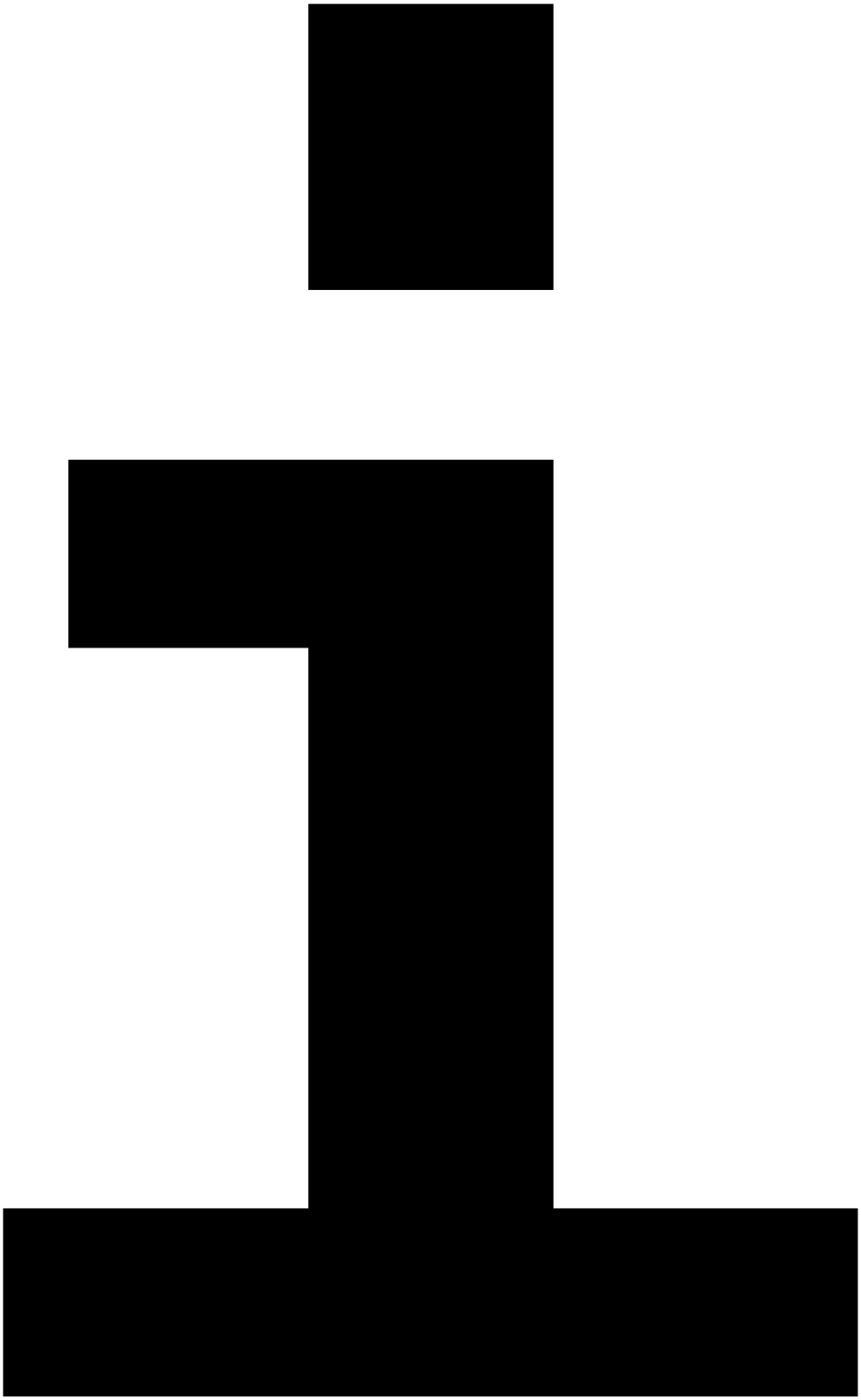
k

t

O

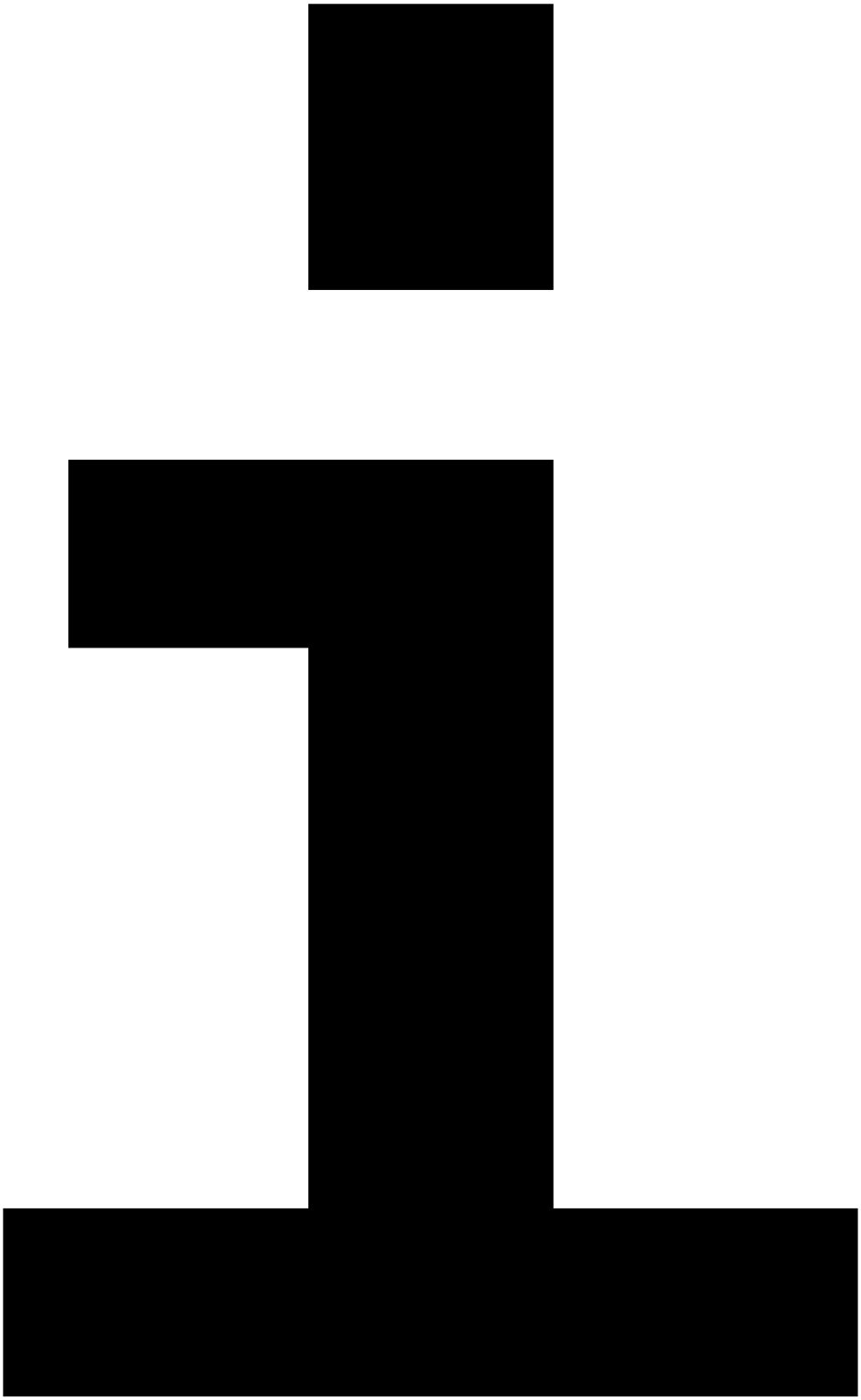
r

’



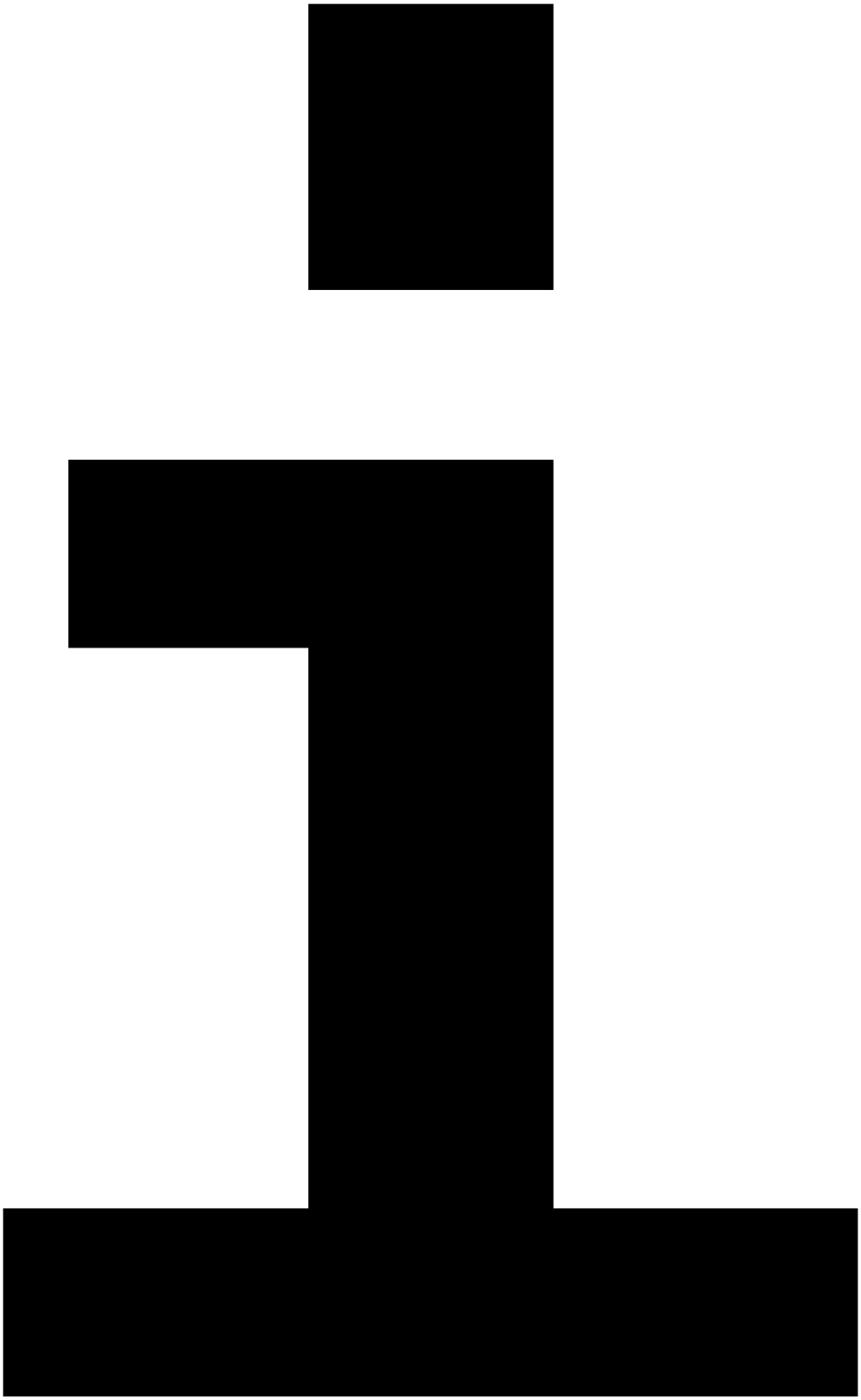
S

t



n

d



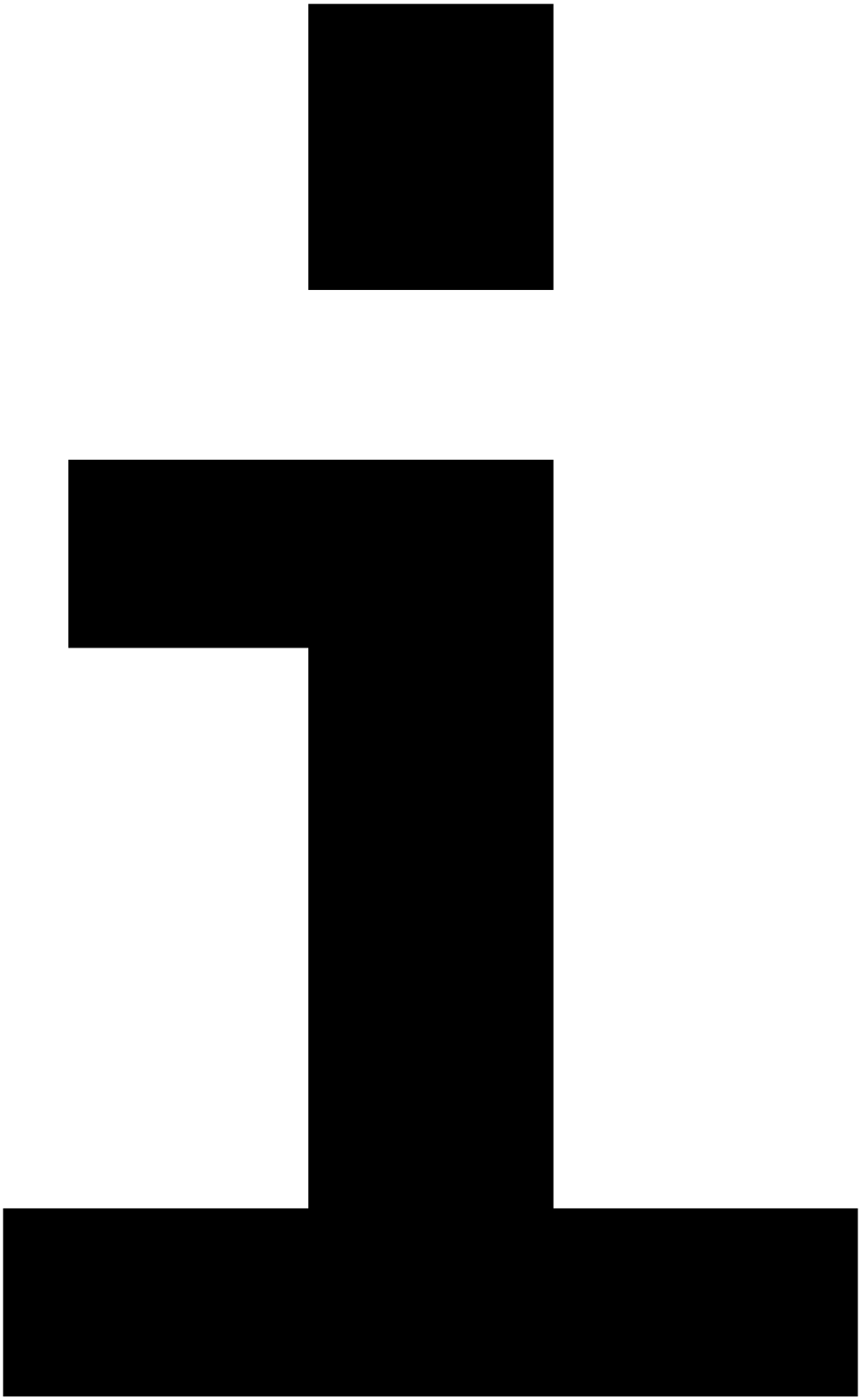
e

S

e

m

S

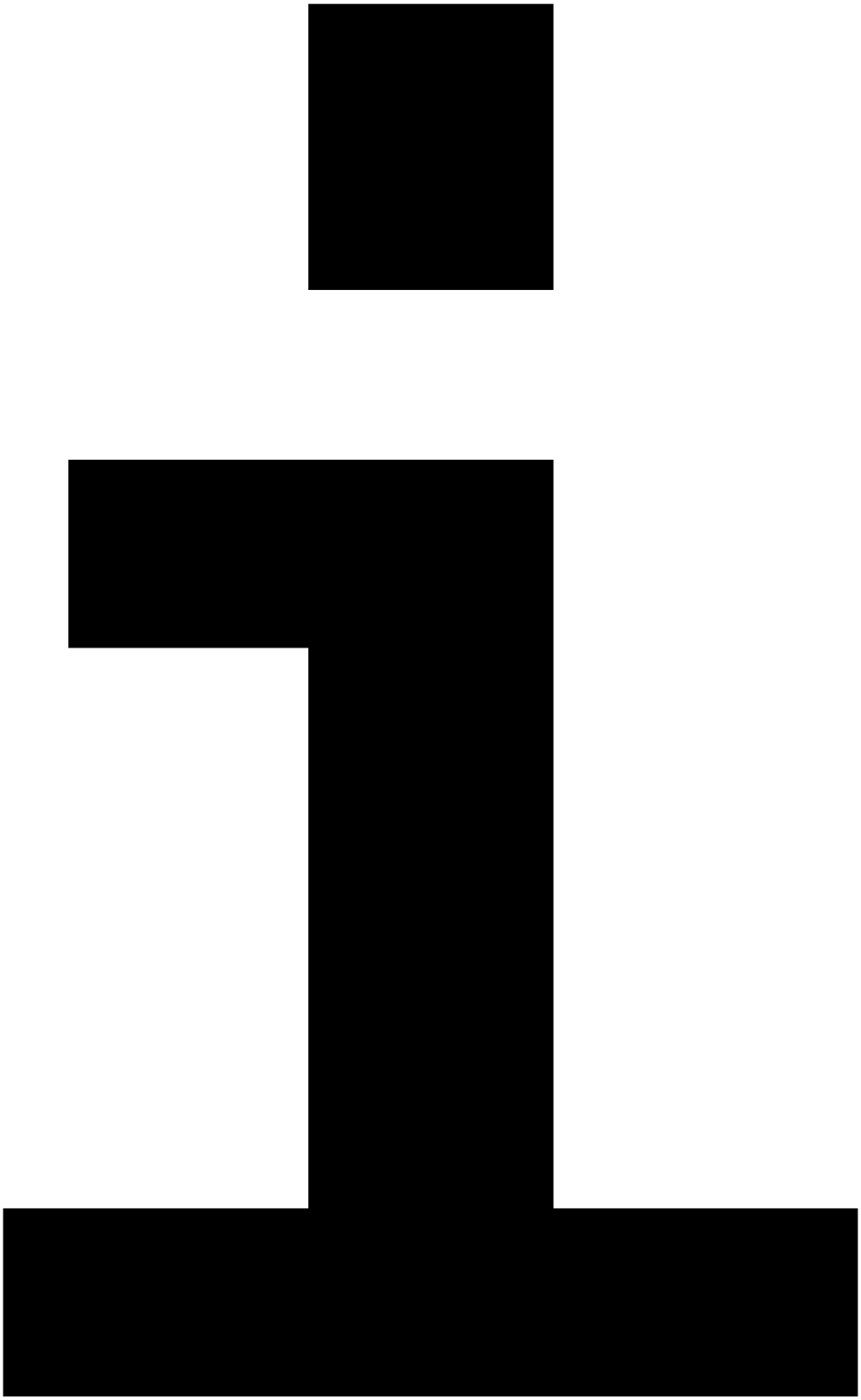


n

n

e

m



t

d

e

r

g

e

b

O

t

e

n

e

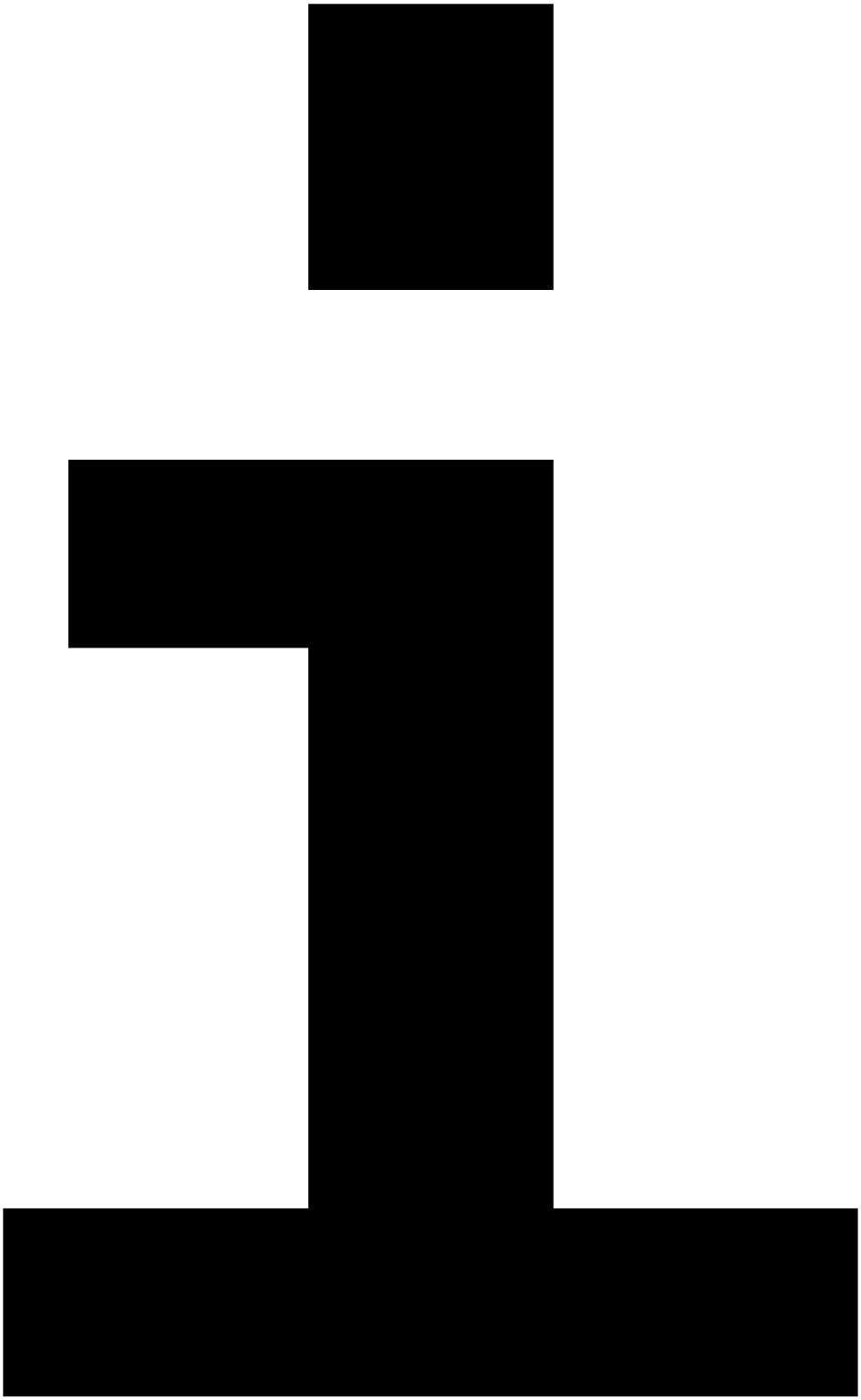
n

V

O

r

S



C

h

t

Z

u

b

e

t

r

a

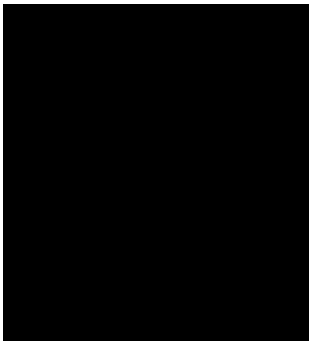
C

h

t

e

n



A

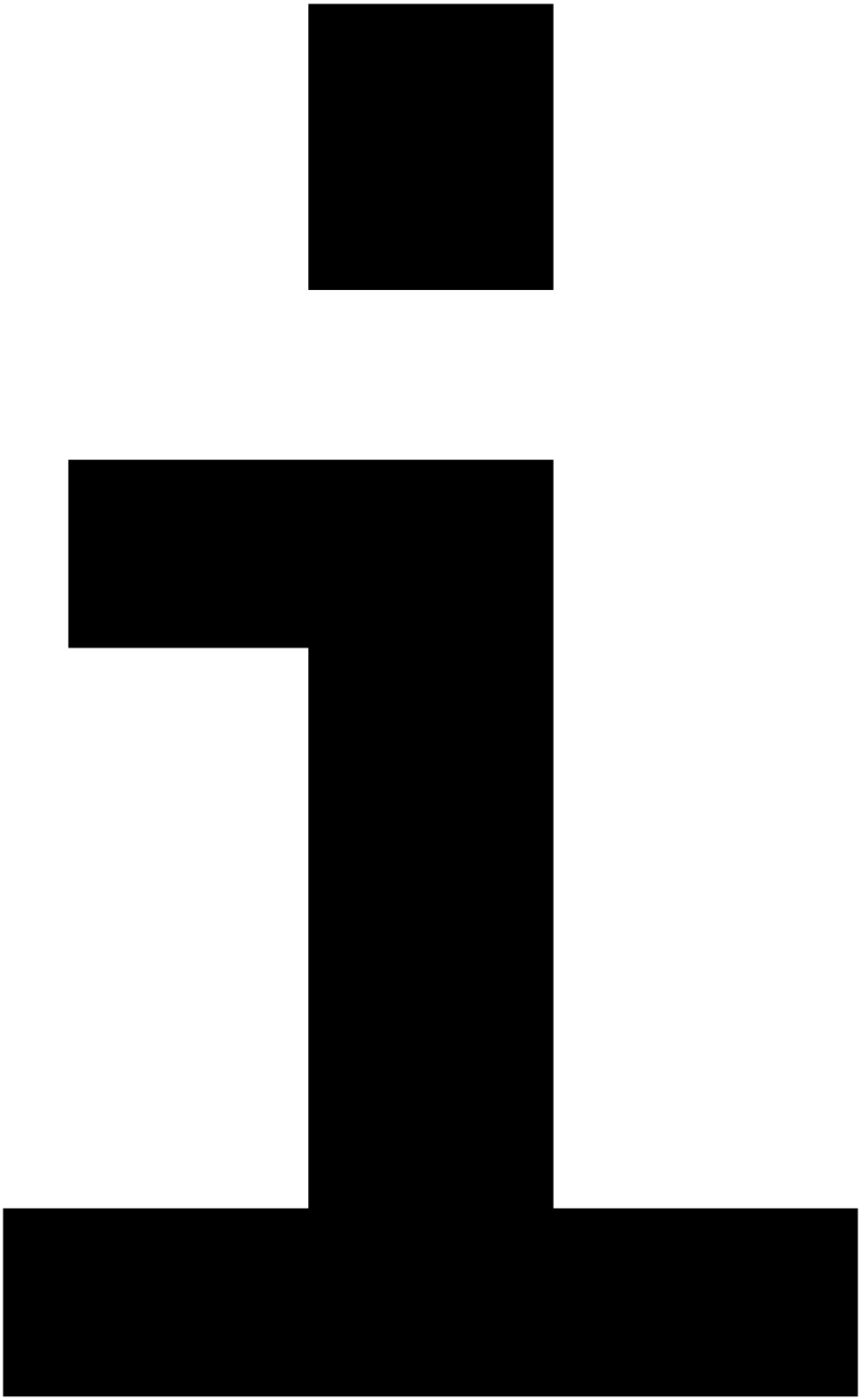
ㄴ

ㄴ

e

r

d



n

g

S

h

a

n

d

e

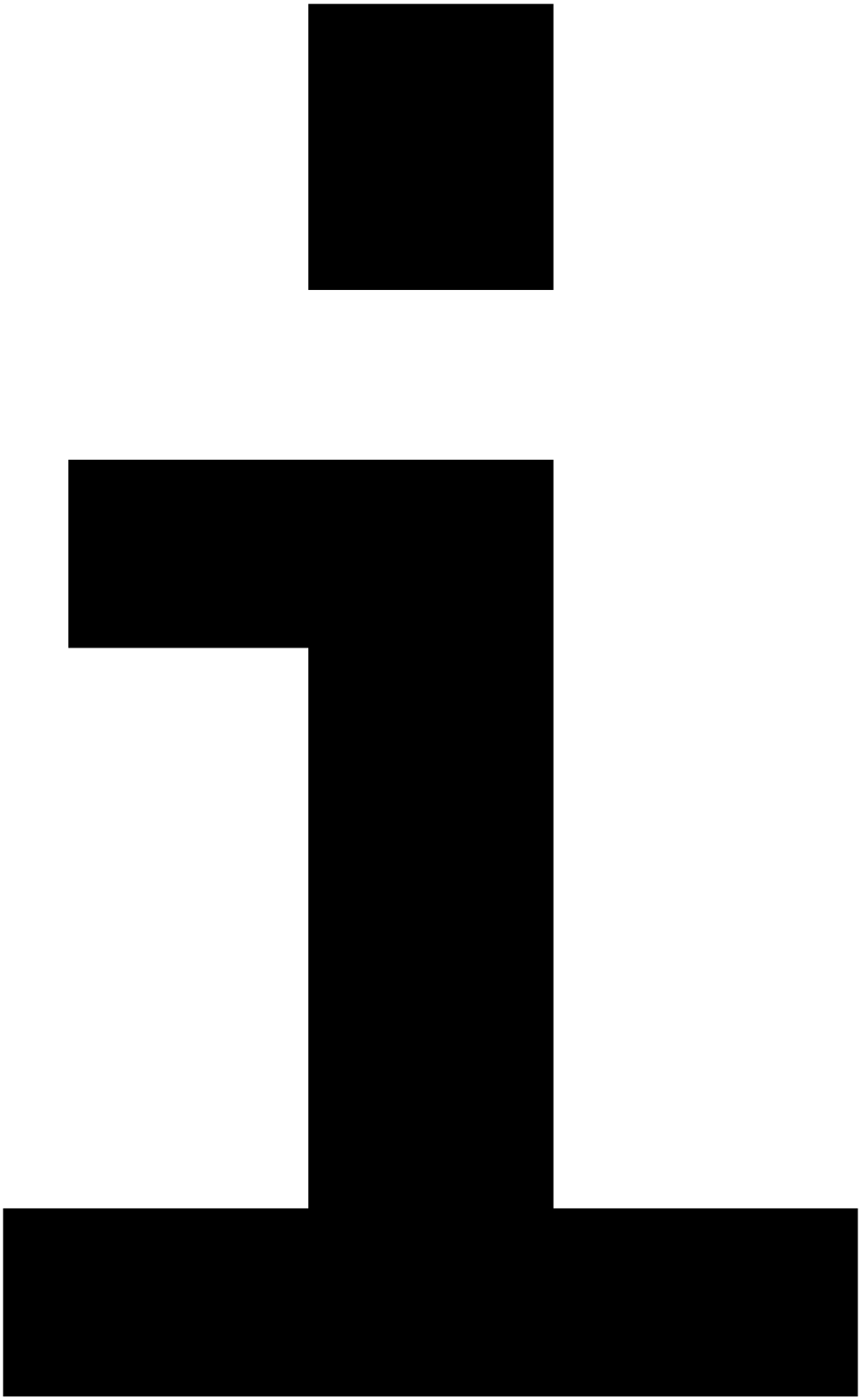
ㄴ

t

e

S

S

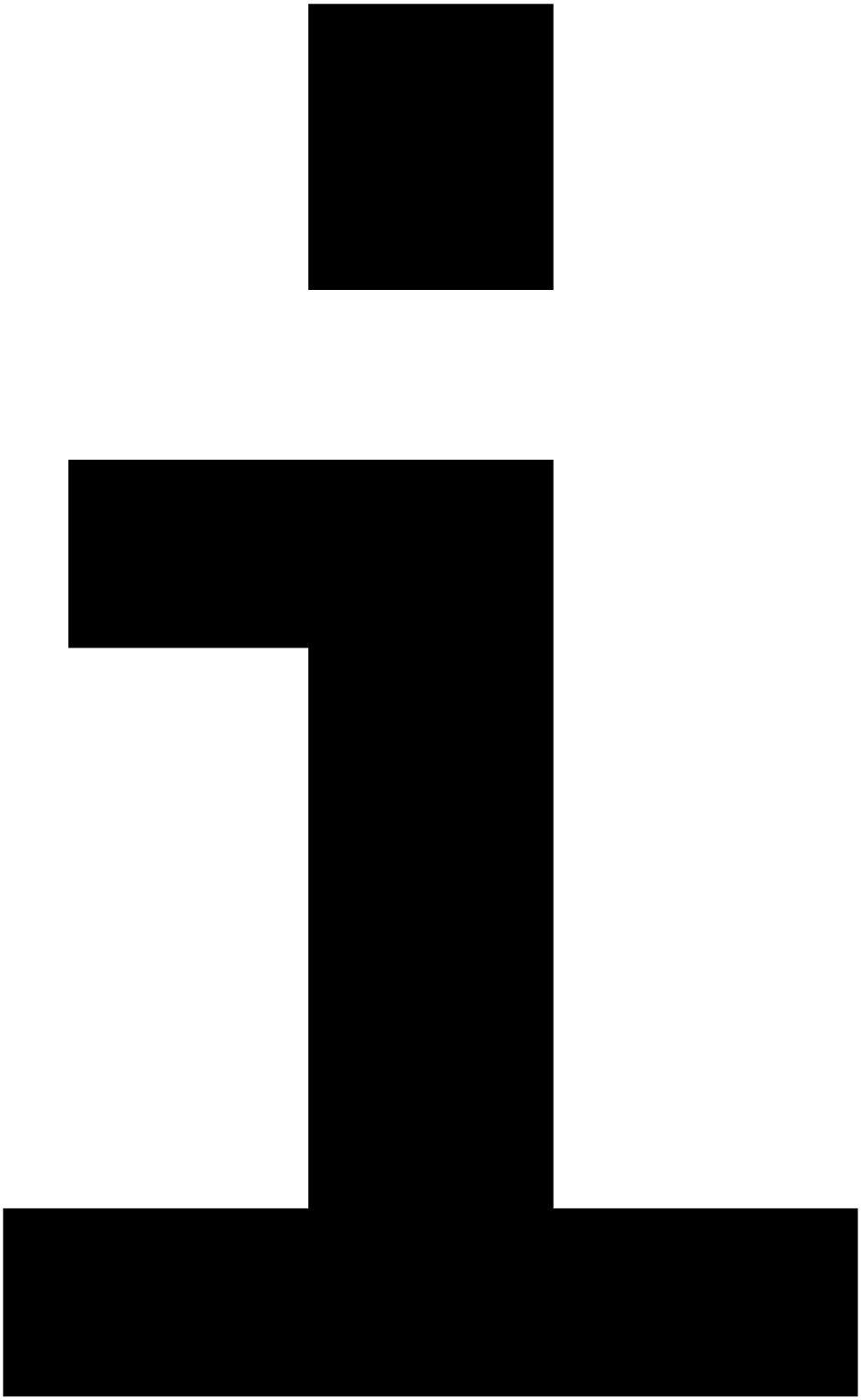


C

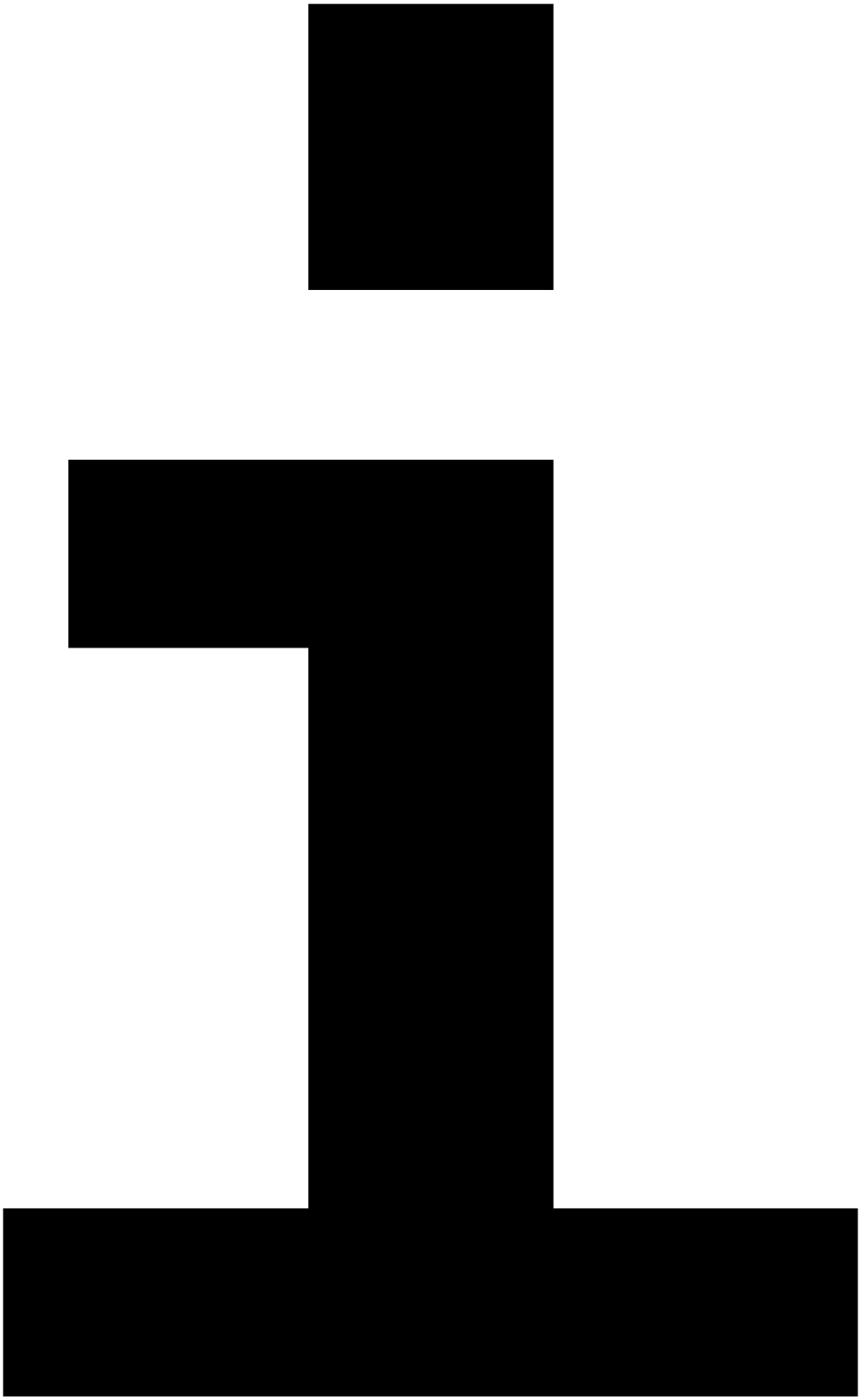
h

b

e



d



e

S

e

m

R

e

a

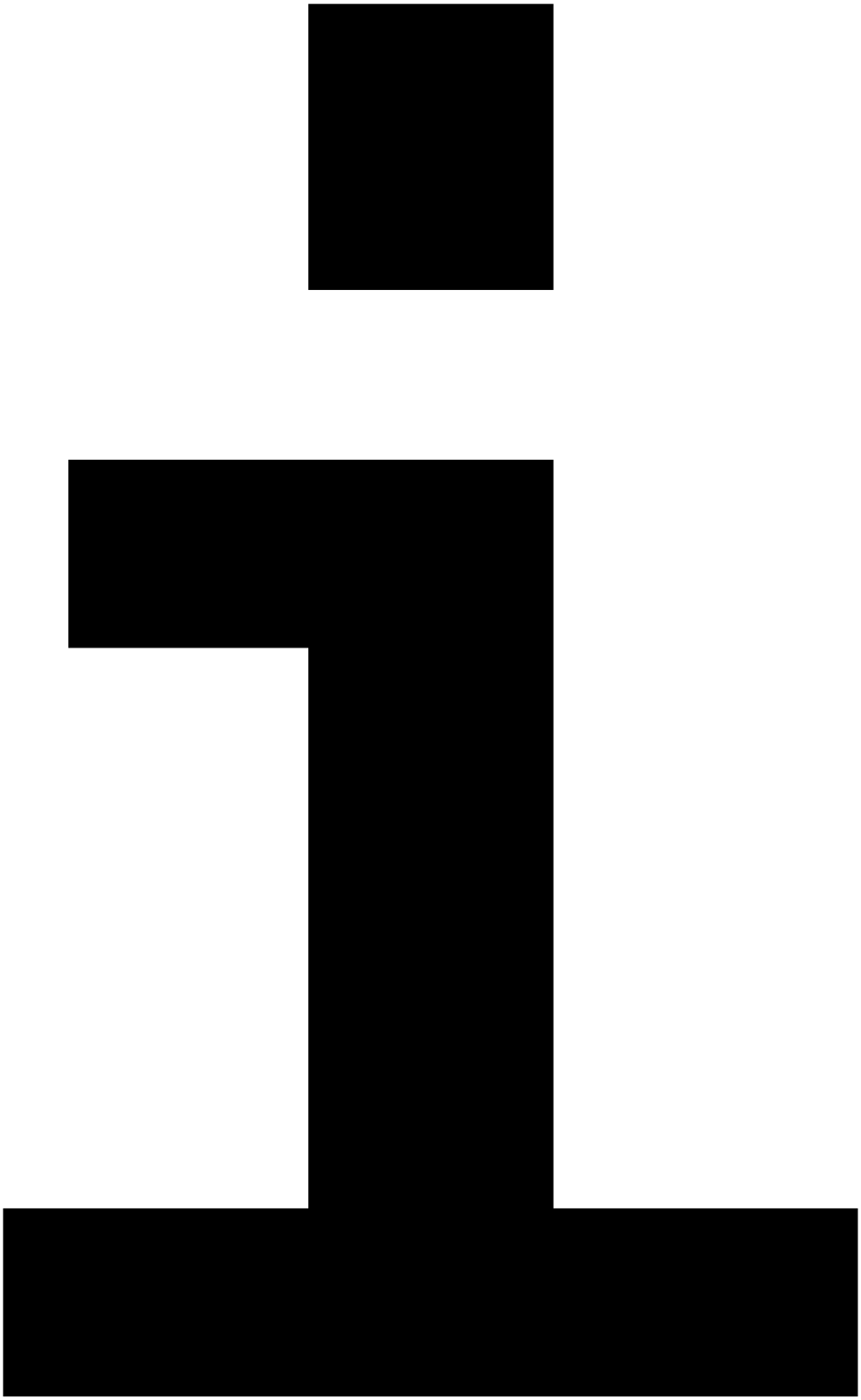
k

t

O

r

n



C

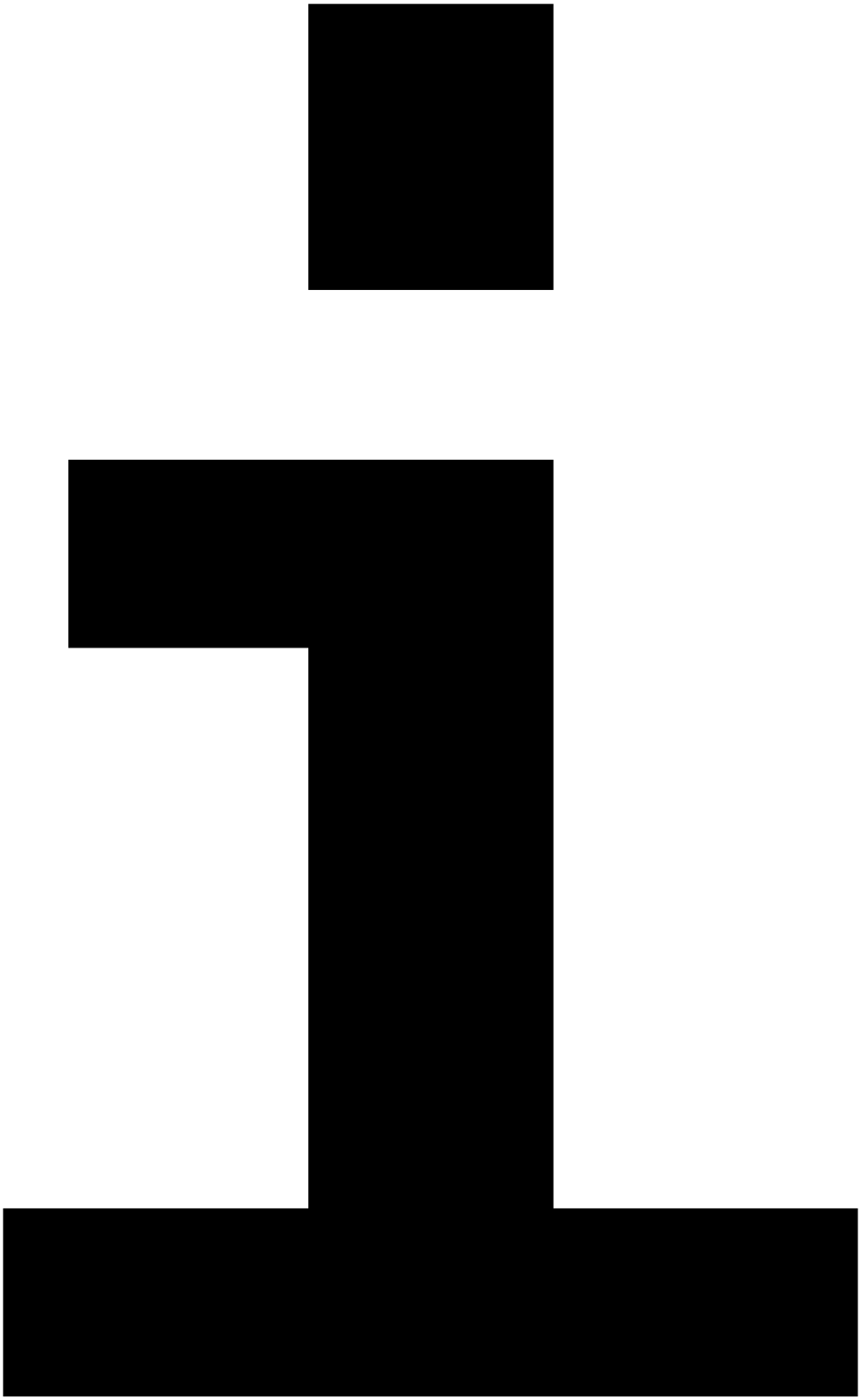
h

t

u

m

e



n

P

r

O

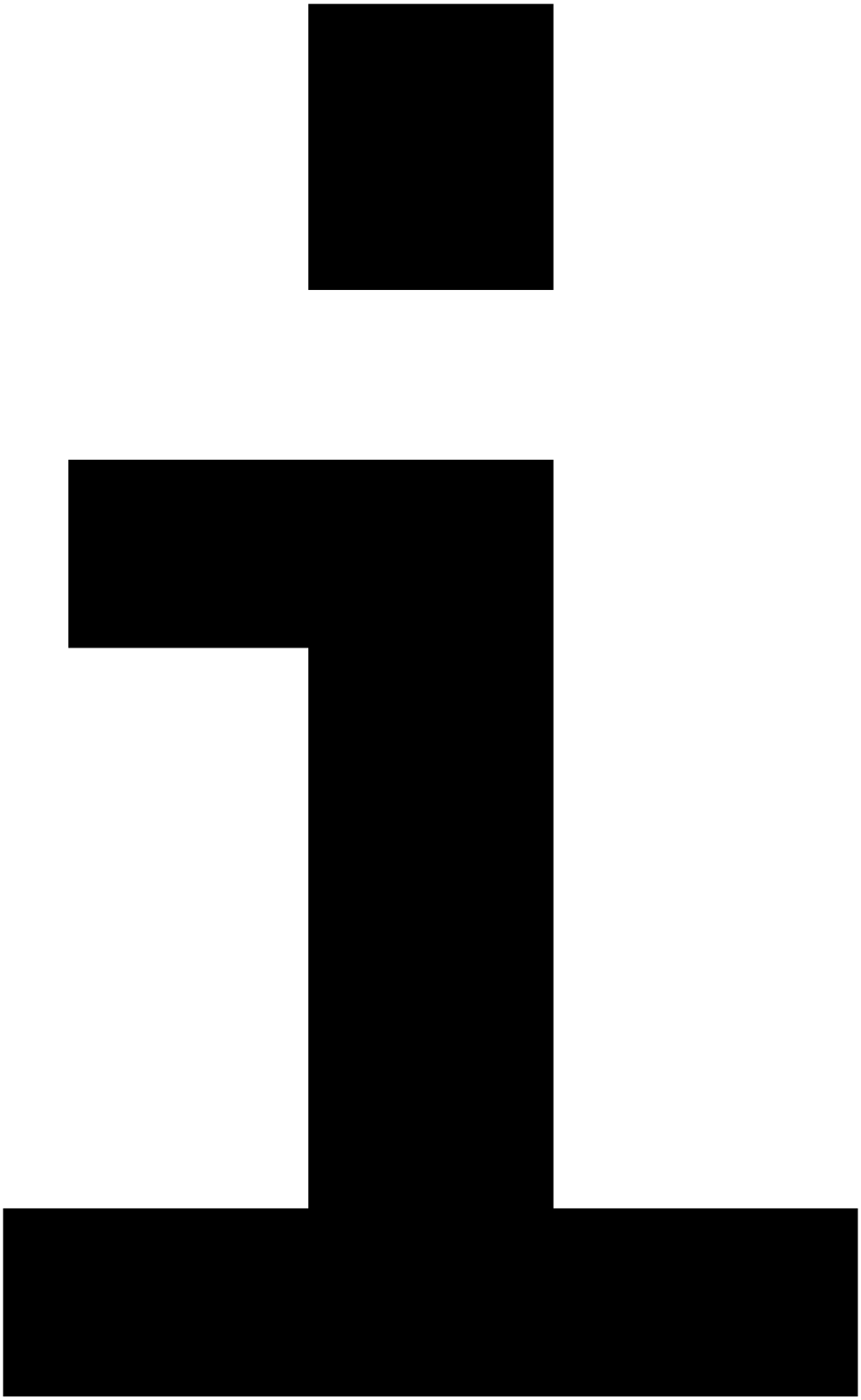
d

u

k

t

e



n

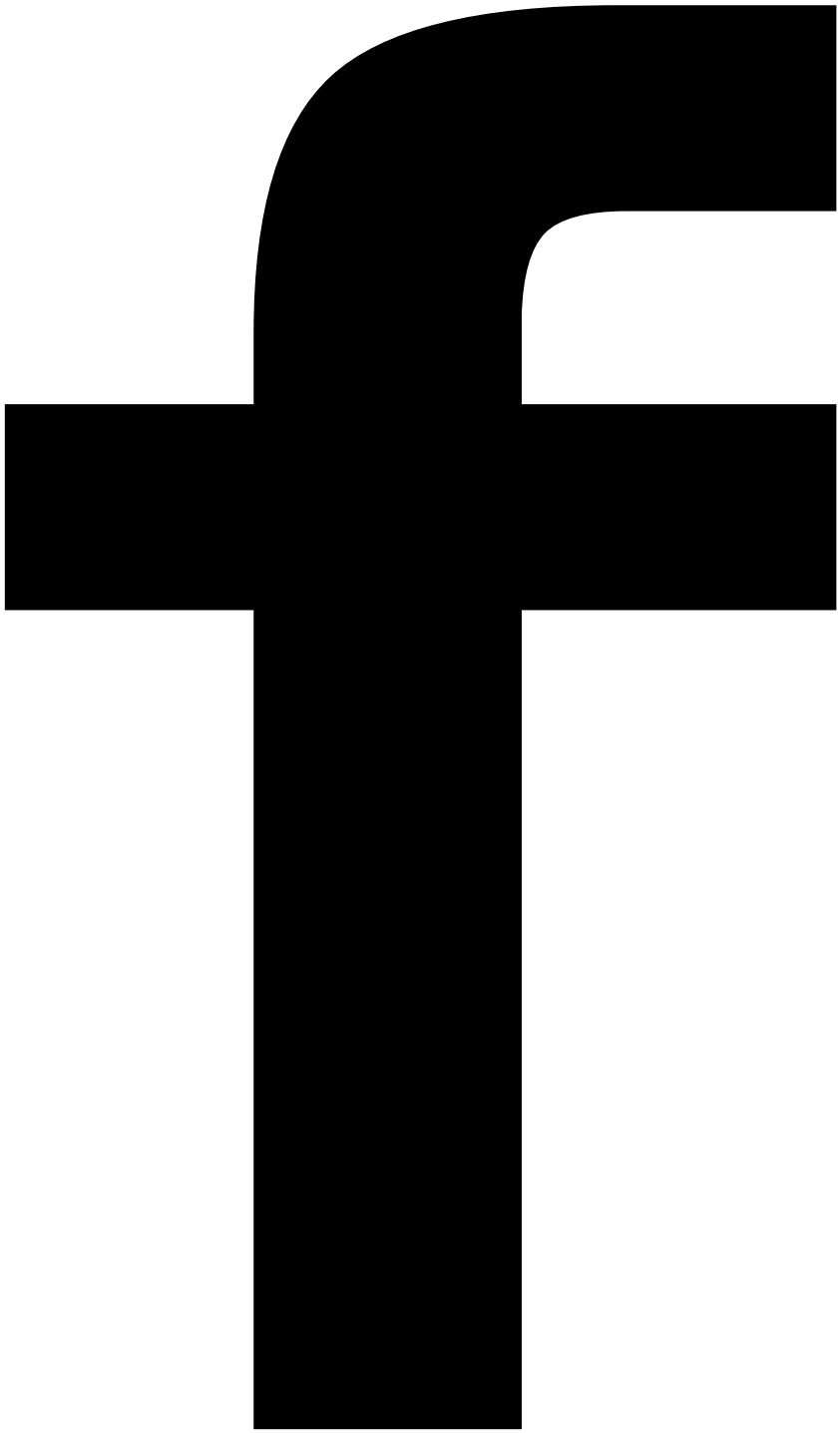
e

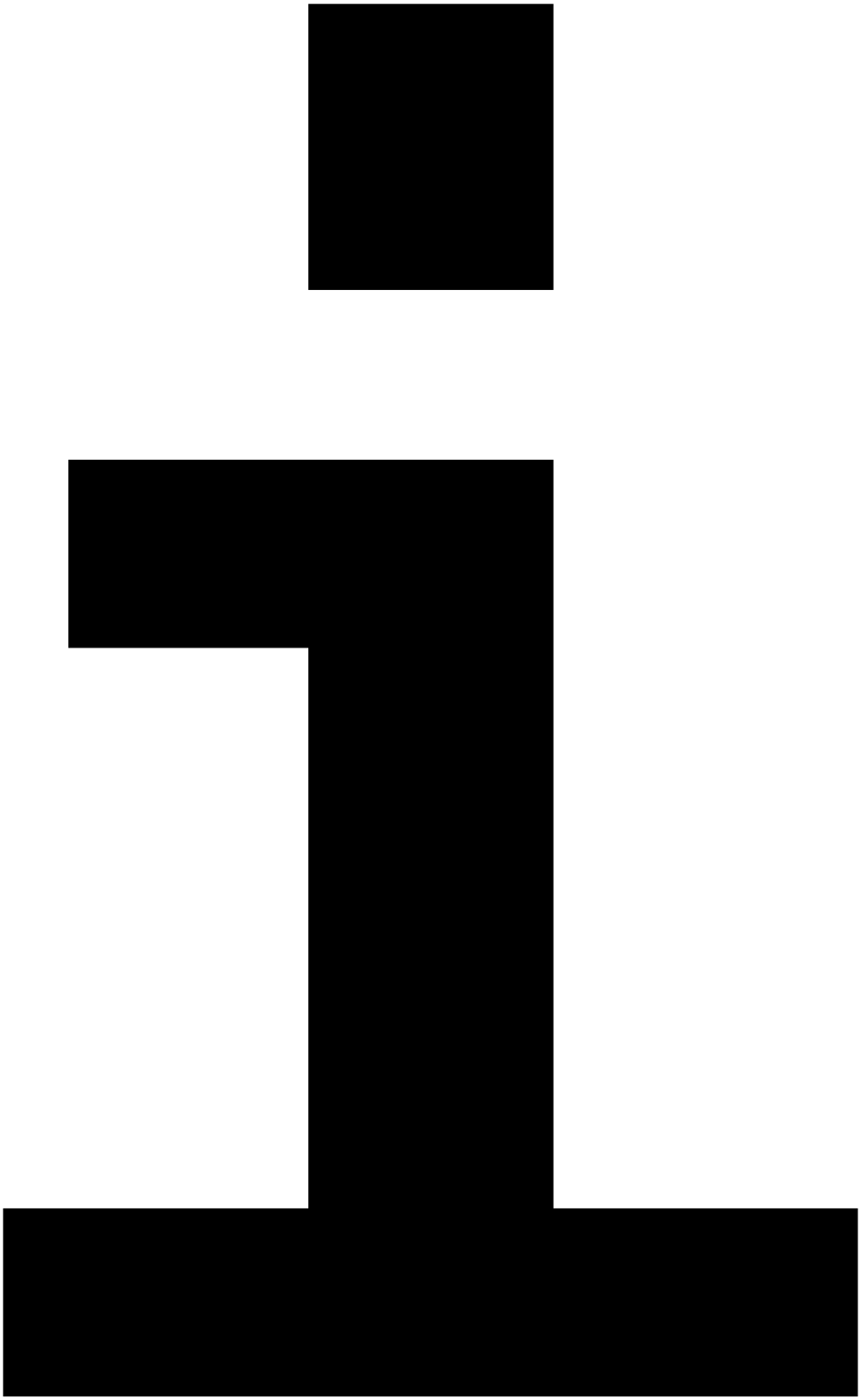
r

“

E

r





n

d

e

r

m

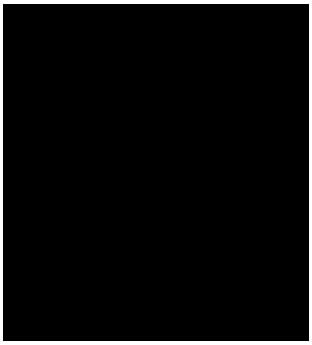
e

S

S

e

”



M

a

n

h

a

t

S

e

h

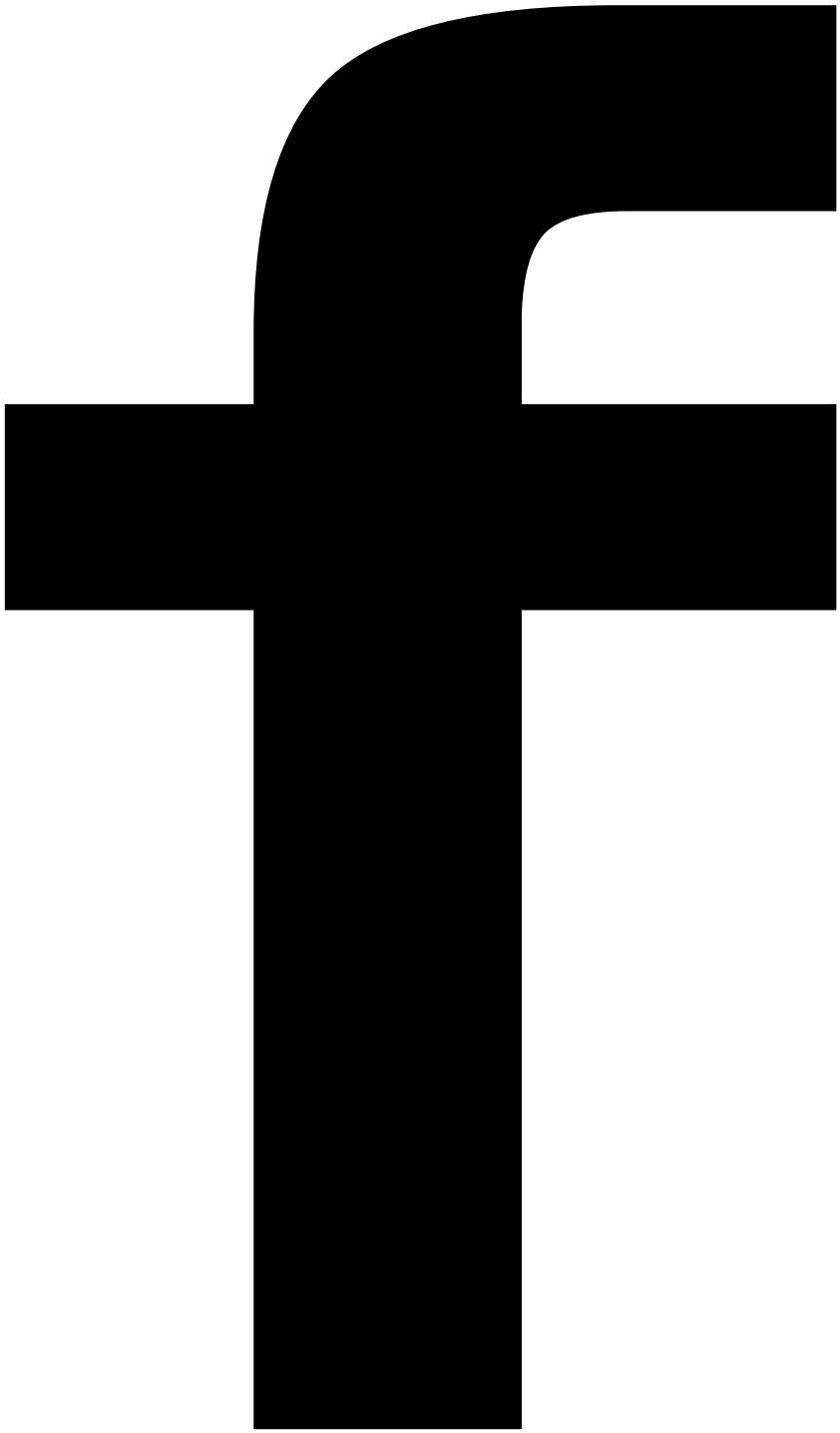
r

S

O

r

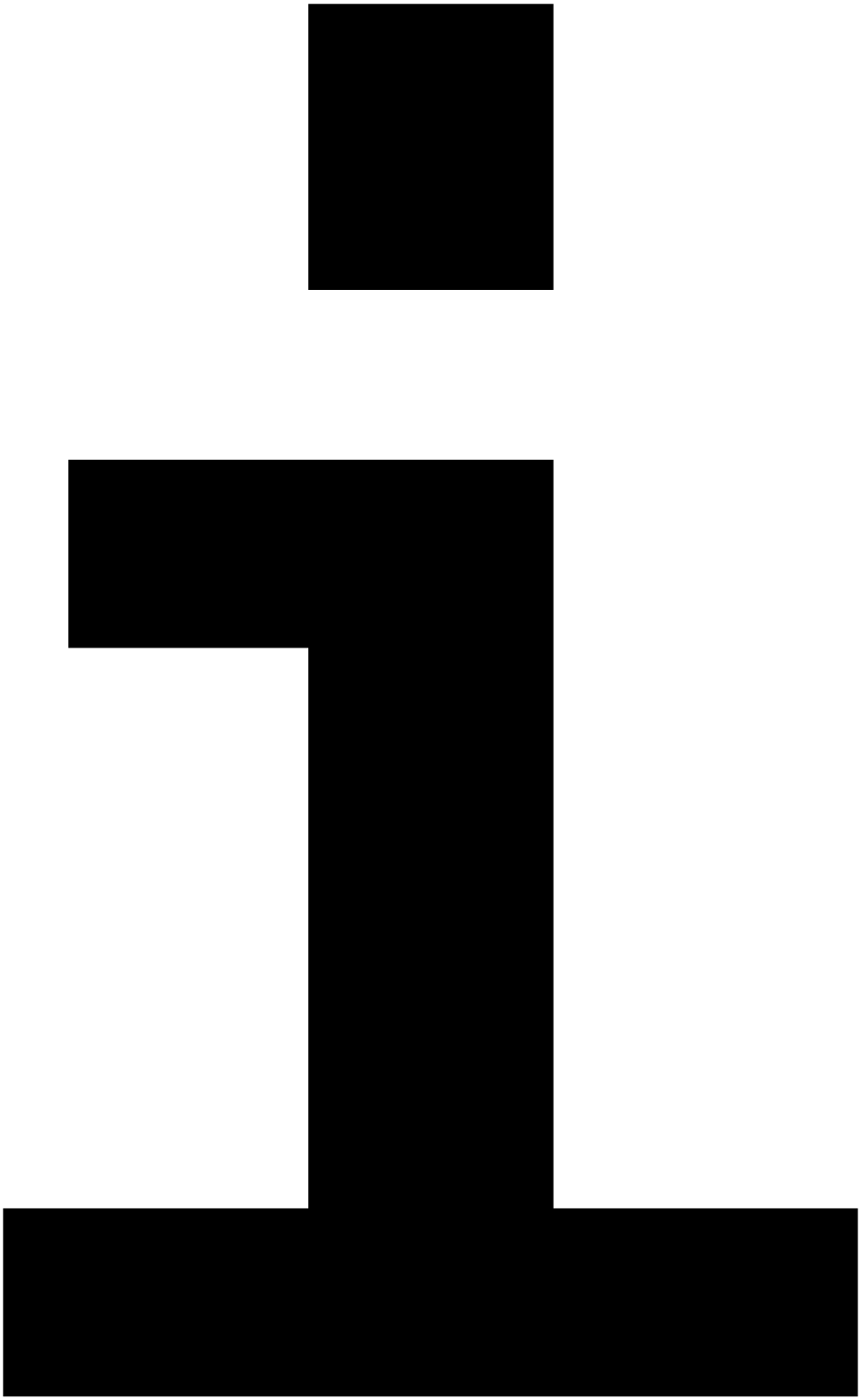
g



ä

ㄴ

t



g

d

e

n

S

t

a

n

d

d

e

r

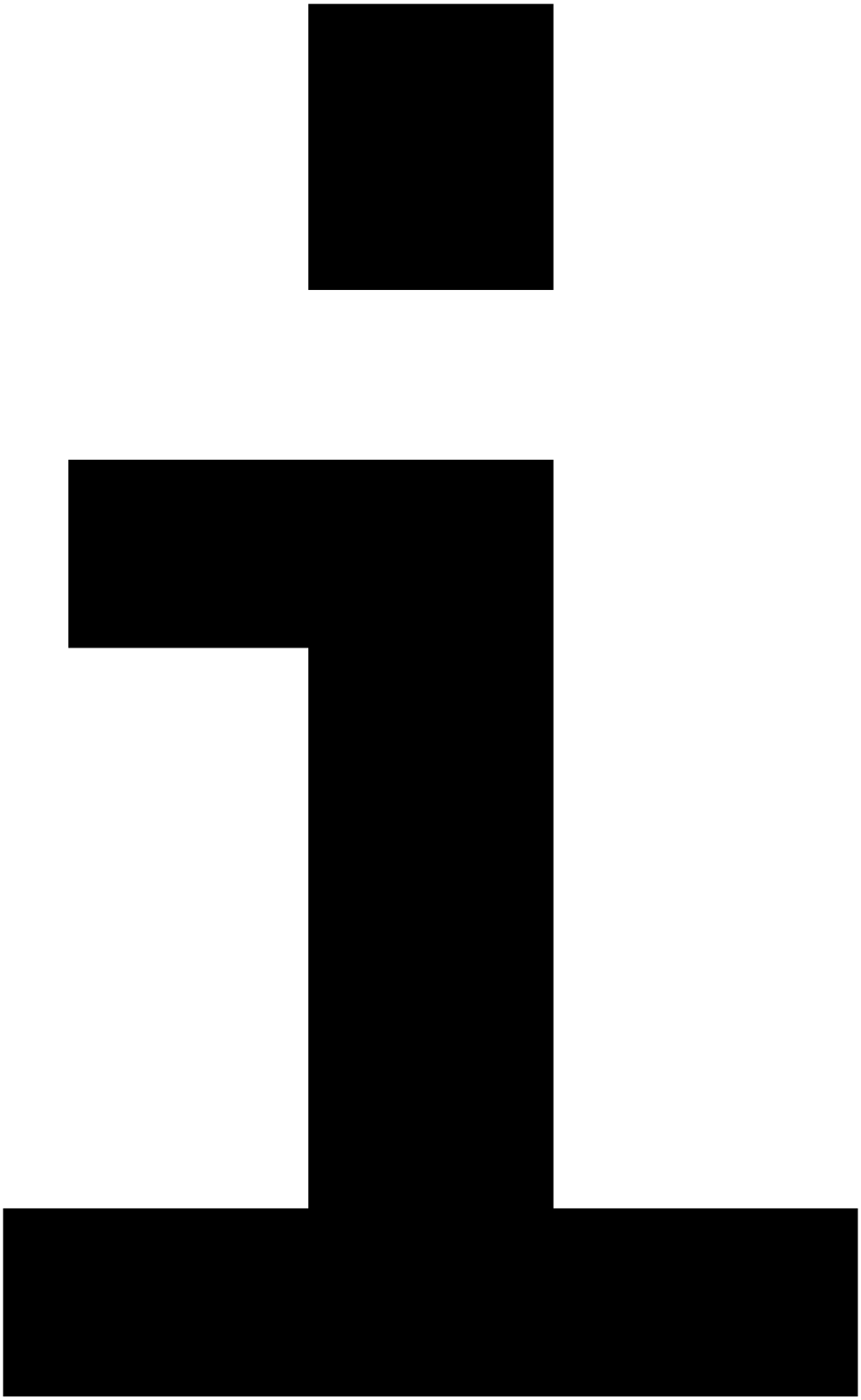
T

e

C

h

n



k

a

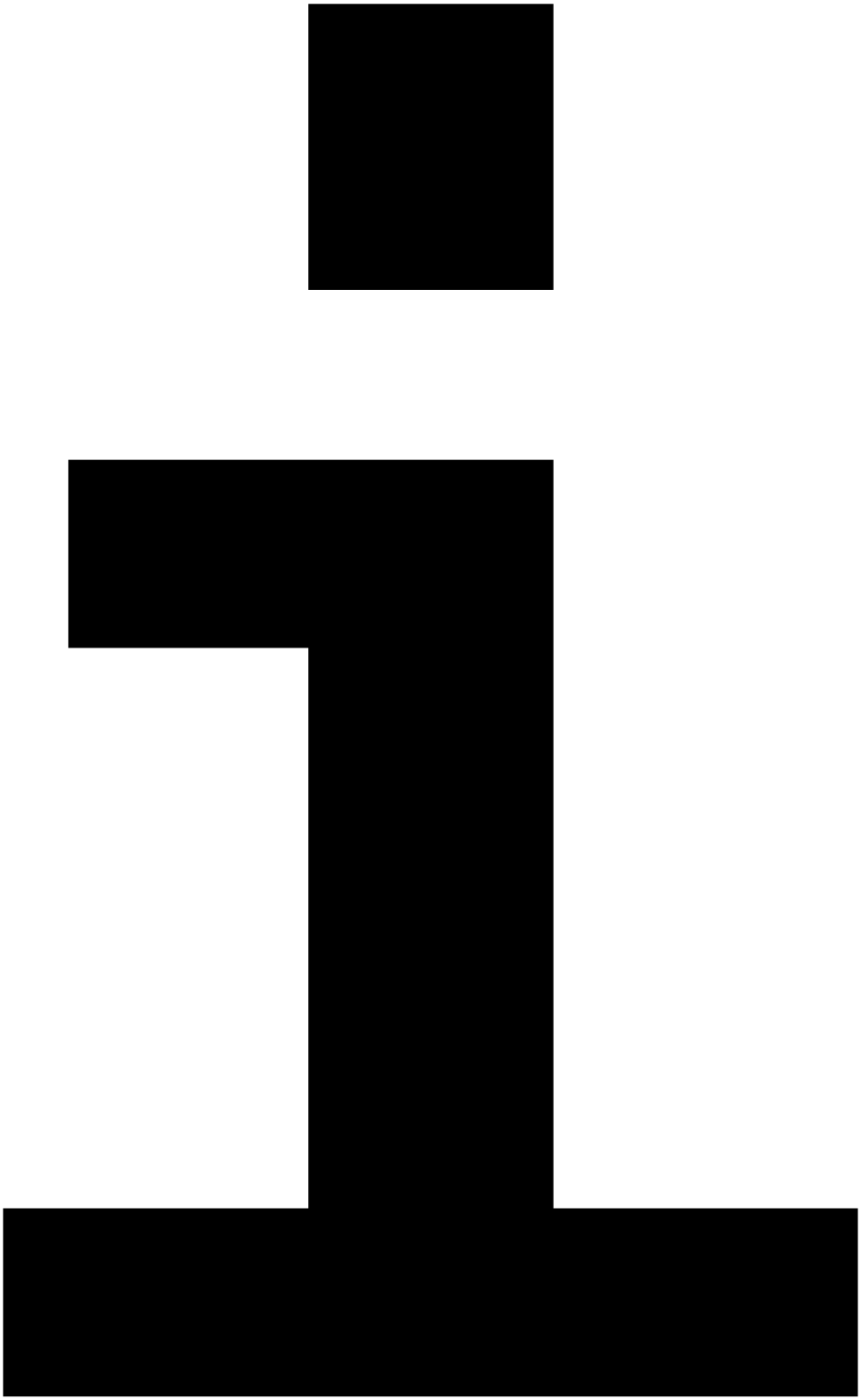
n

a

ㄴ

y

S



e

r

t

u

n

d

b

e

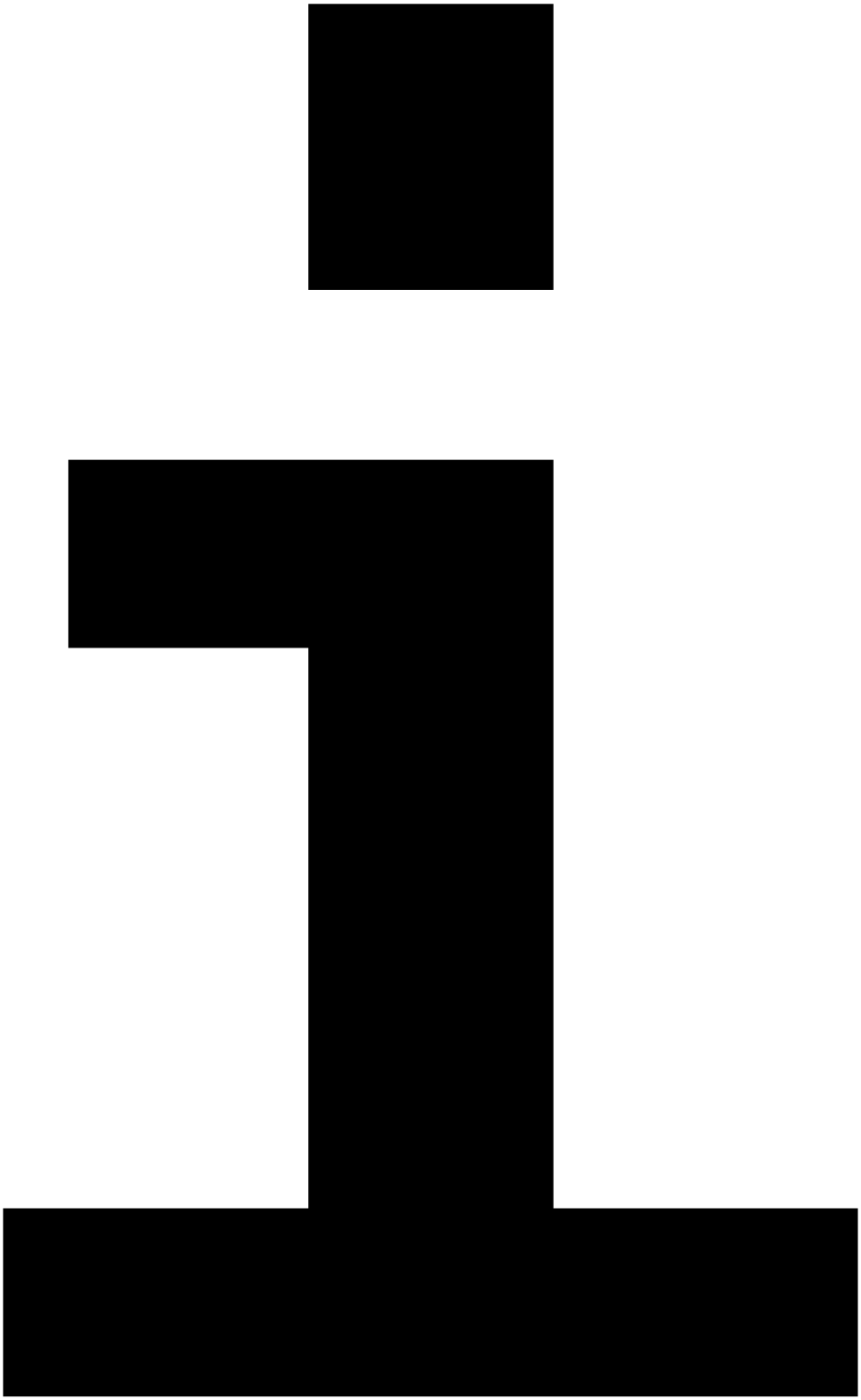
W

e

g

t

S

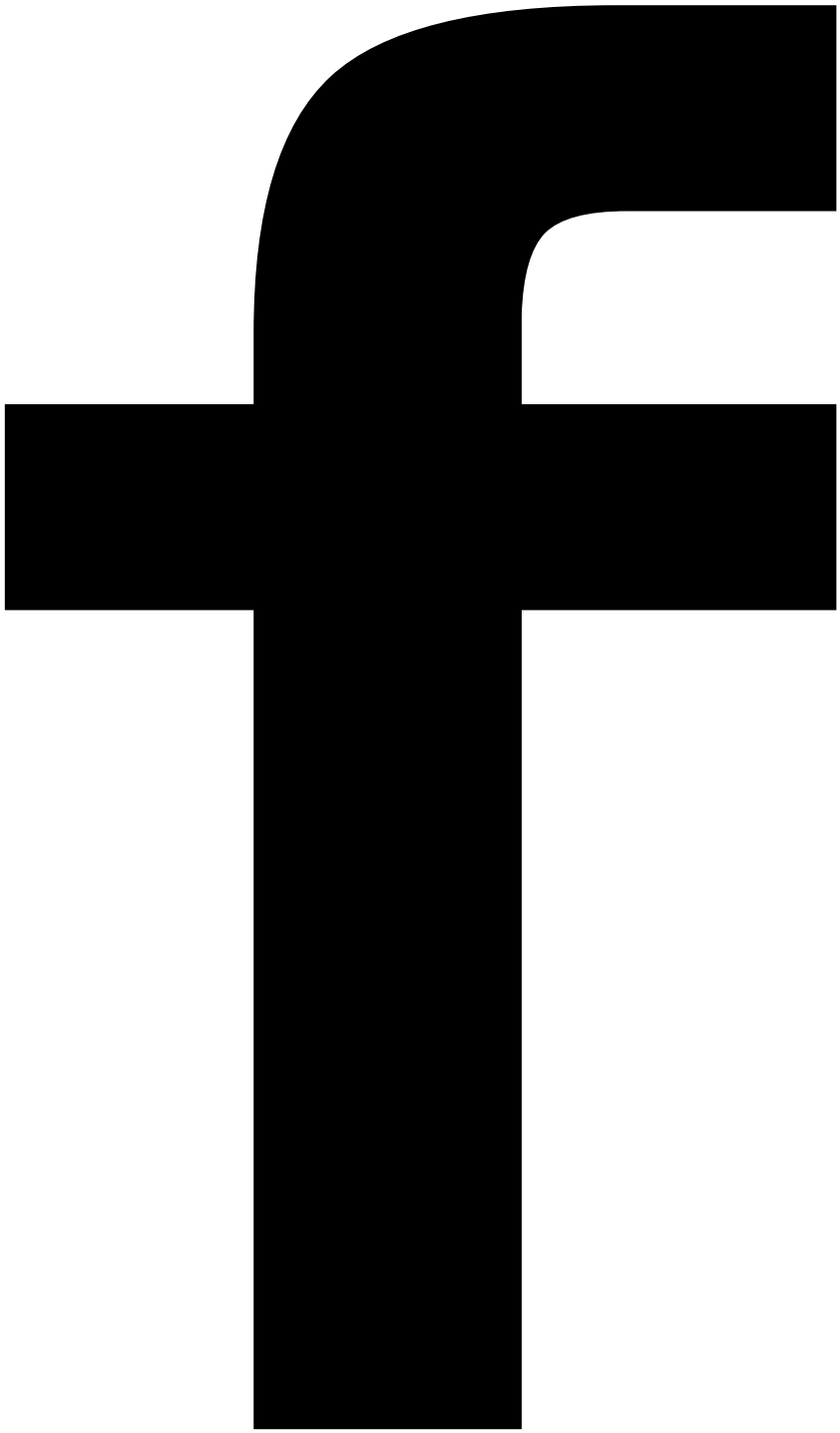


C

h

a

u



a

ㄴ

ㄴ

e

n

E

b

e

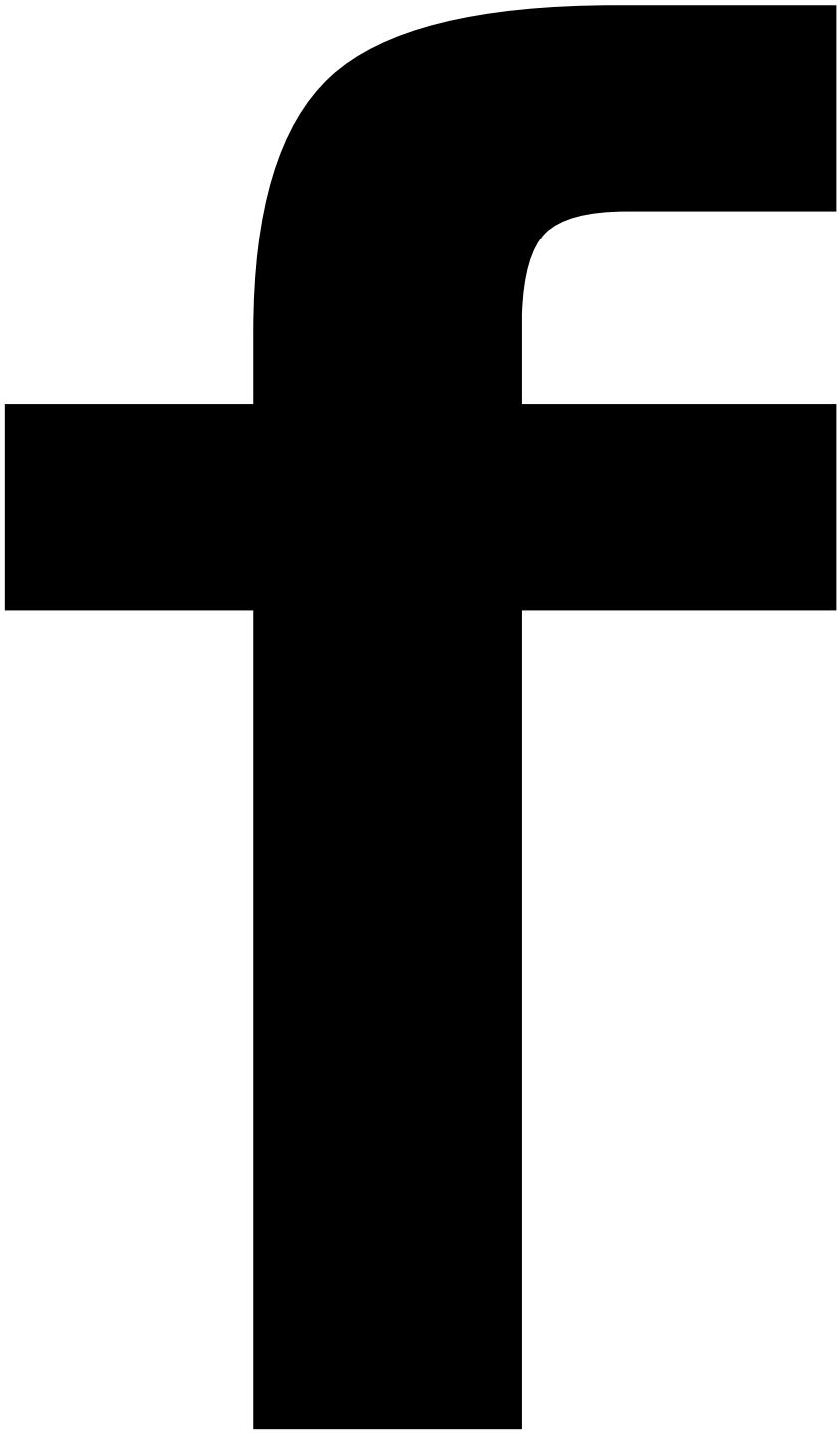
n

e

n

a

u



d

e

m

m

a

C

h

b

a

r

e

n

u

n

d

g

a

n

g

b

a

r

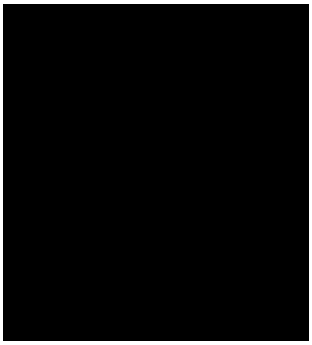
e

n

W

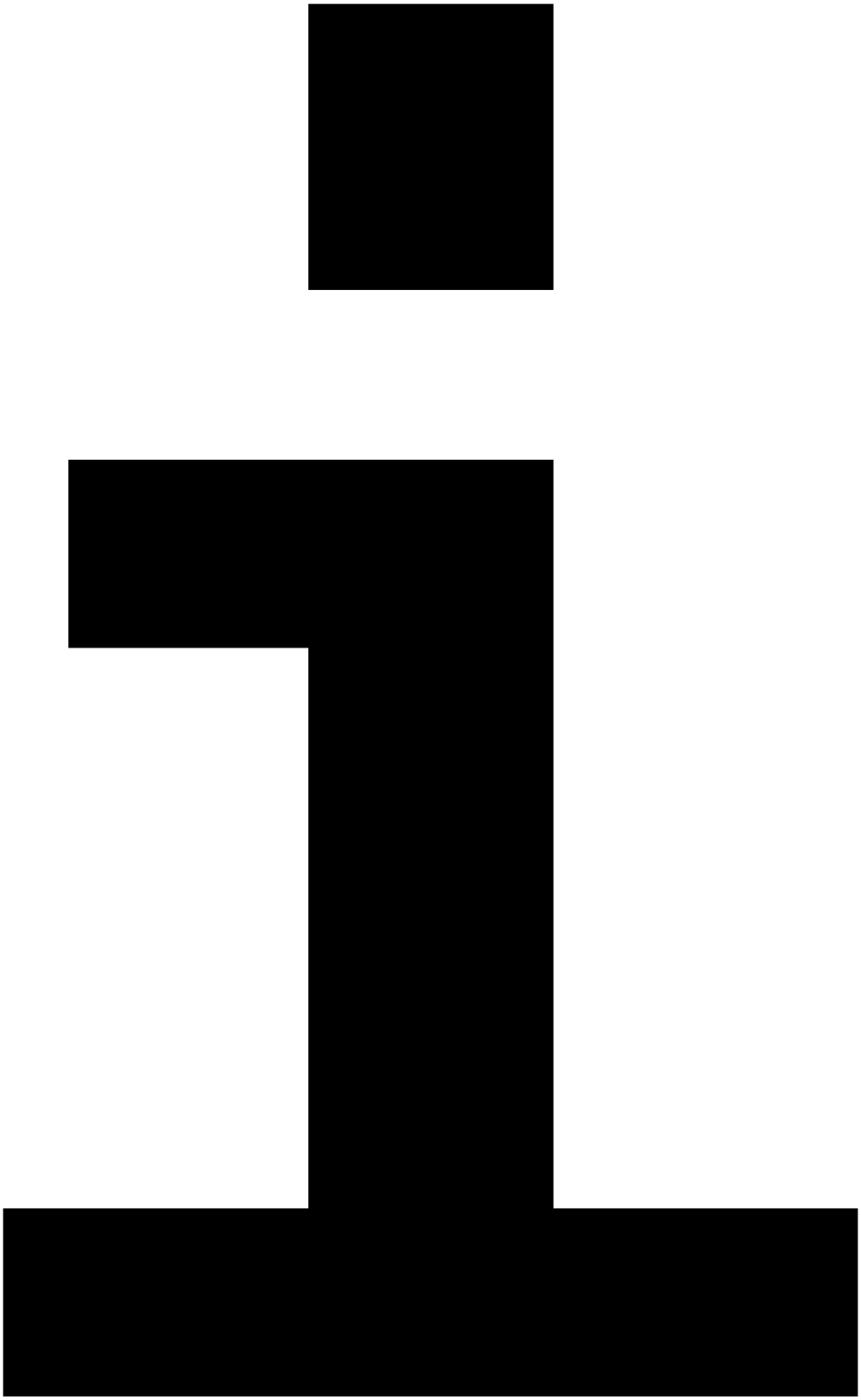
e

g



E

S



S

t

n

u

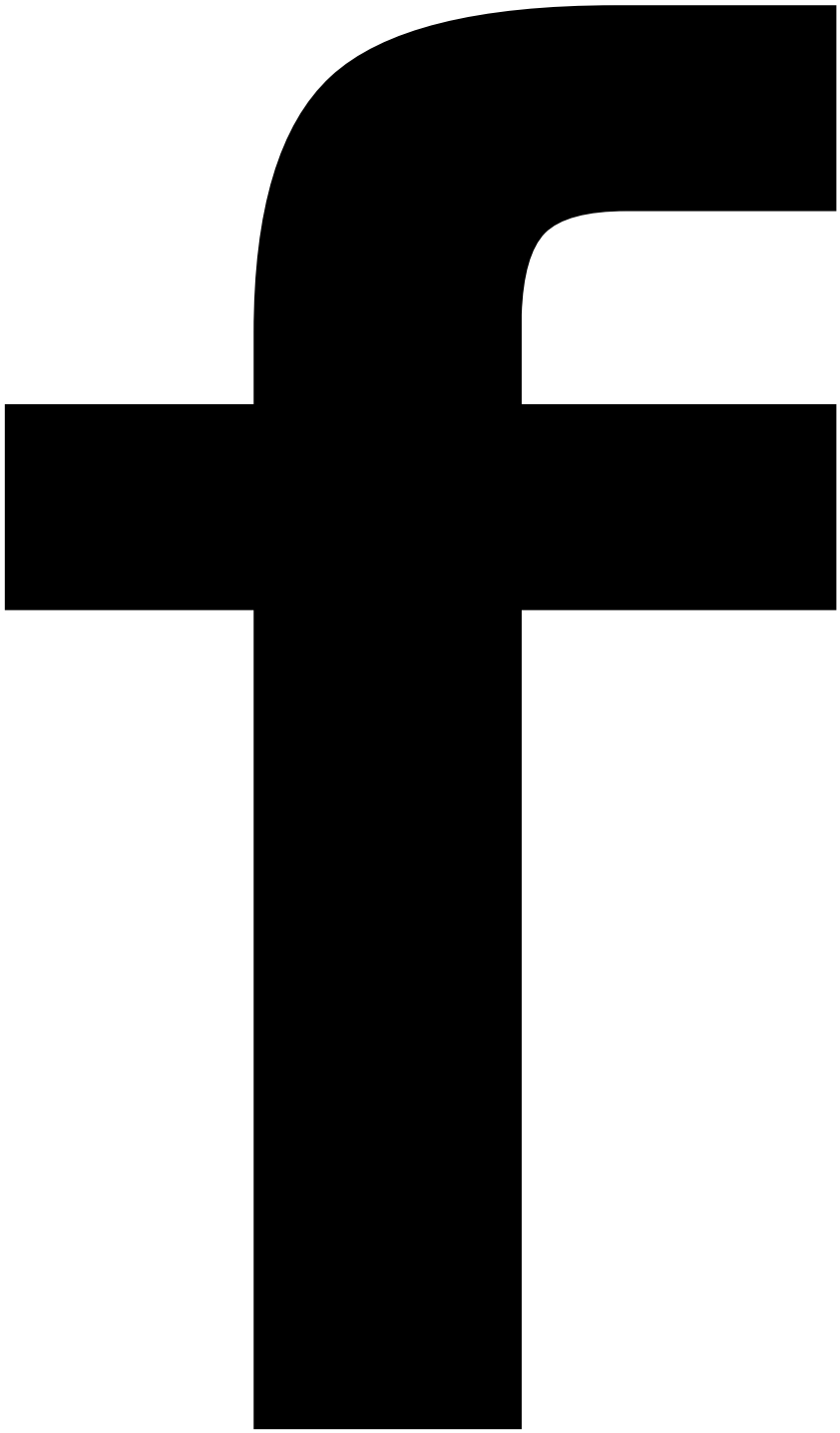
r

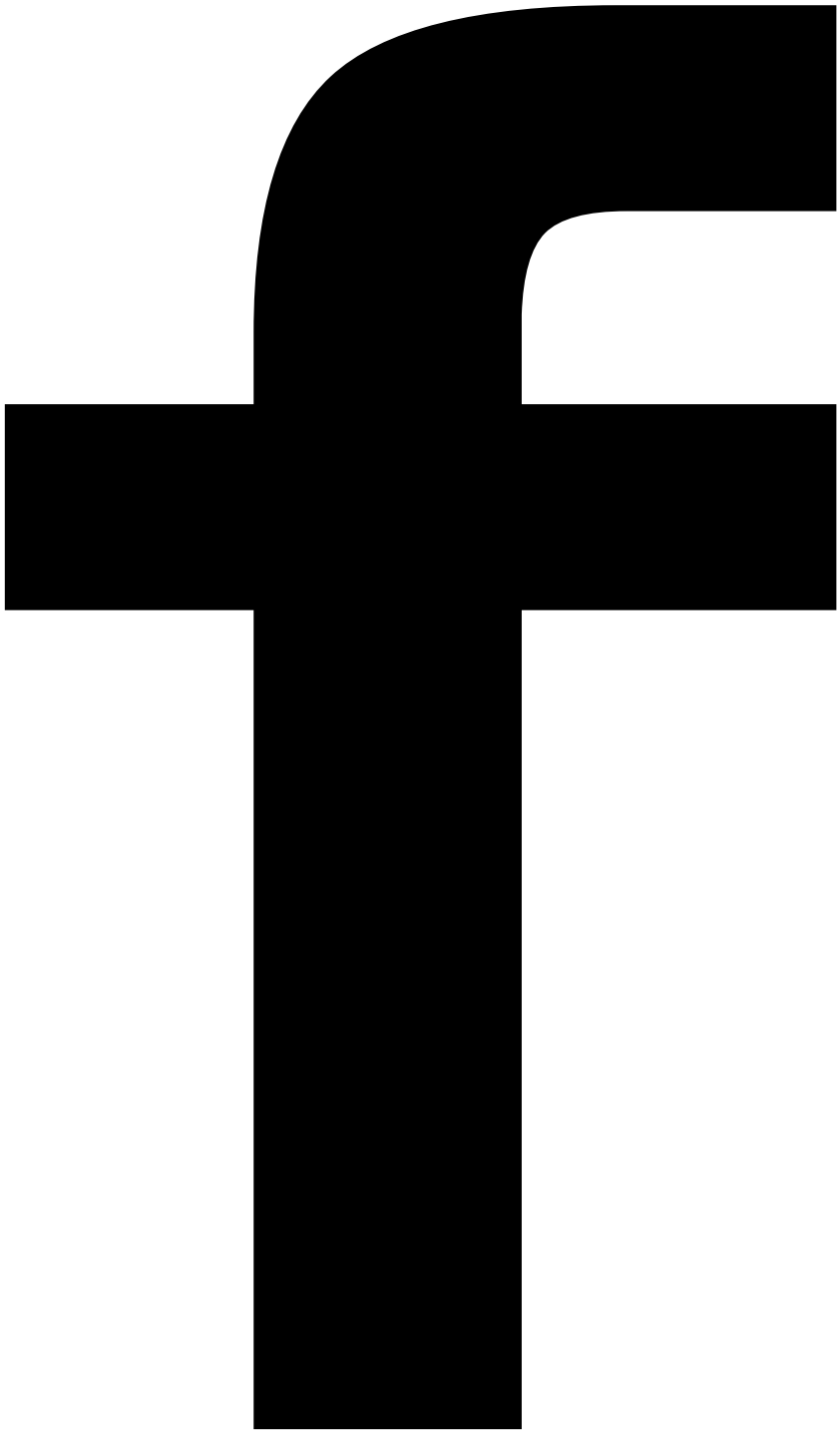
Z

u

h

O





e

n

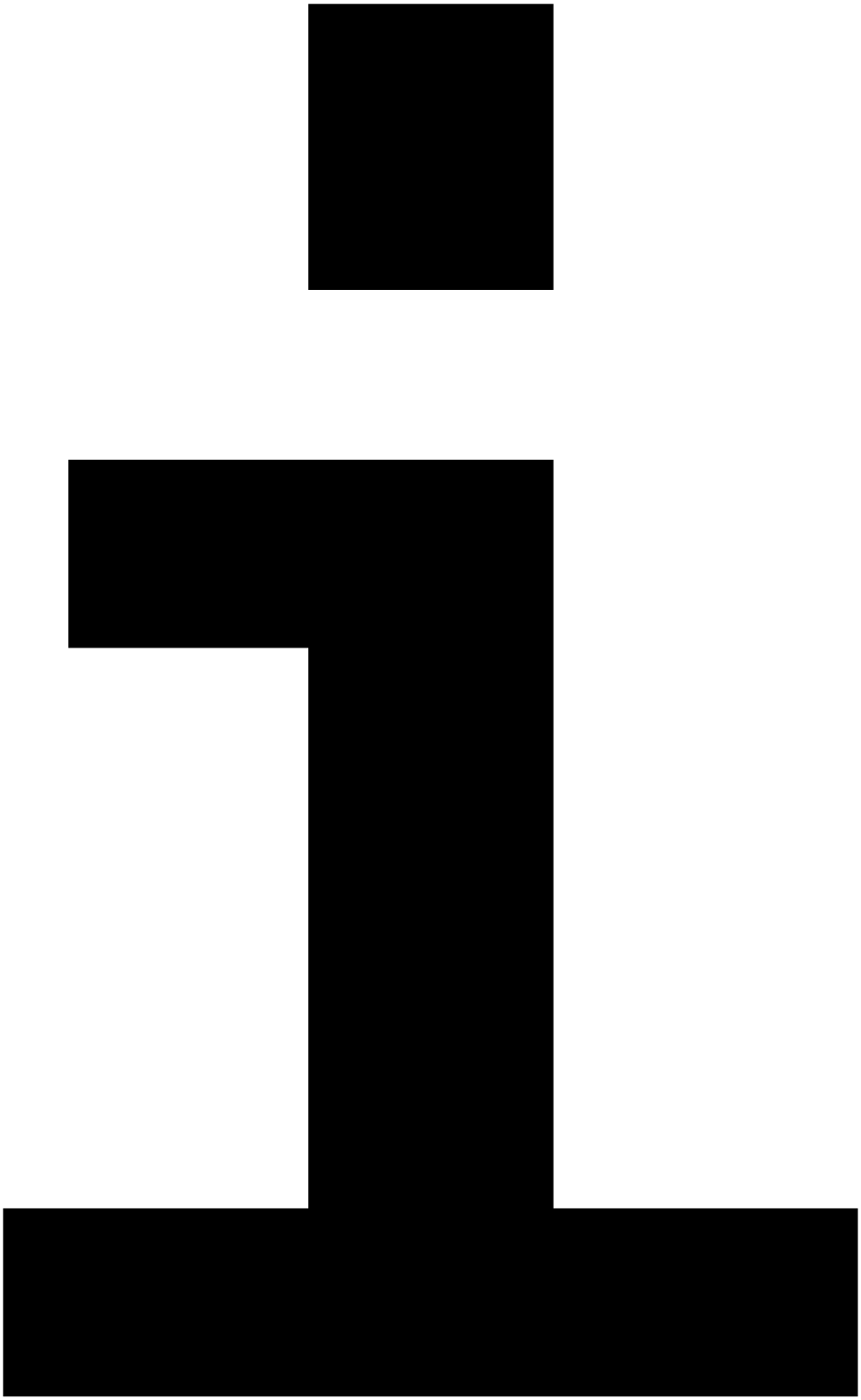
’

d

a

ß

d



e

S

e

m

¡

u

n

g

e

n

U

n

t

e

r

n

e

h

m

e

n

n

O

C

h

e

t

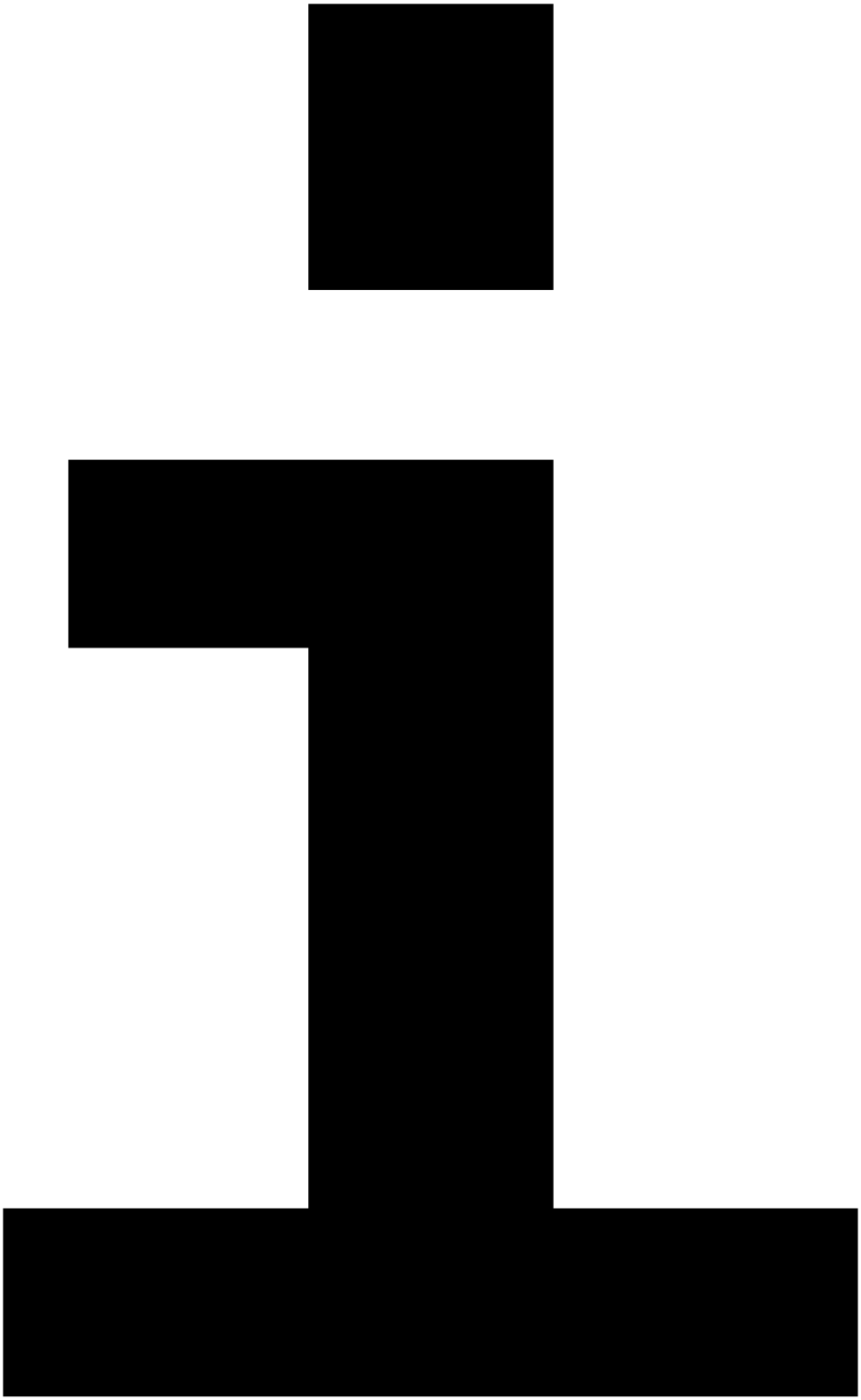
W

a

S

Z

e



t

V

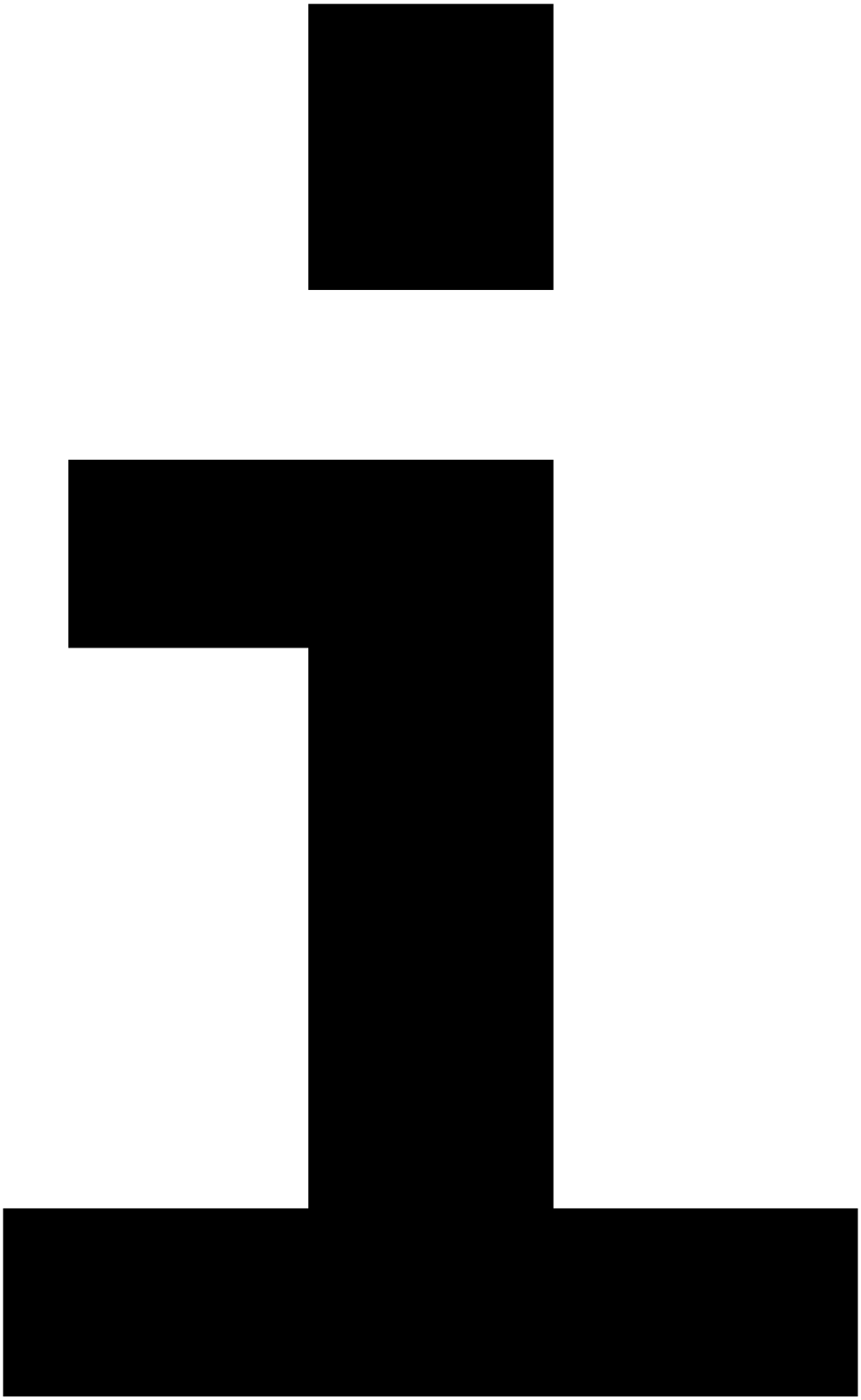
e

r

b

ㄴ

e

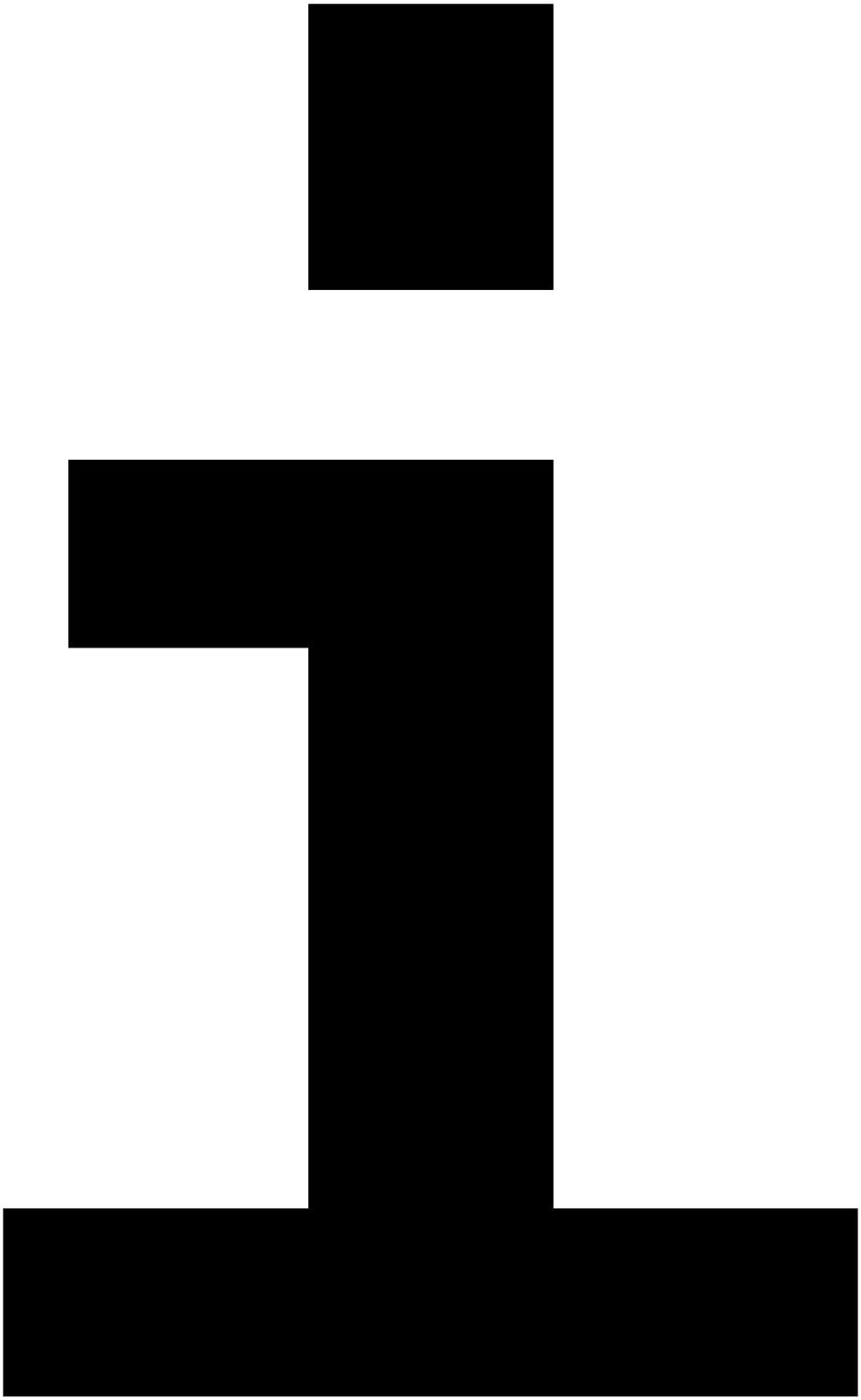


b

t

’

b



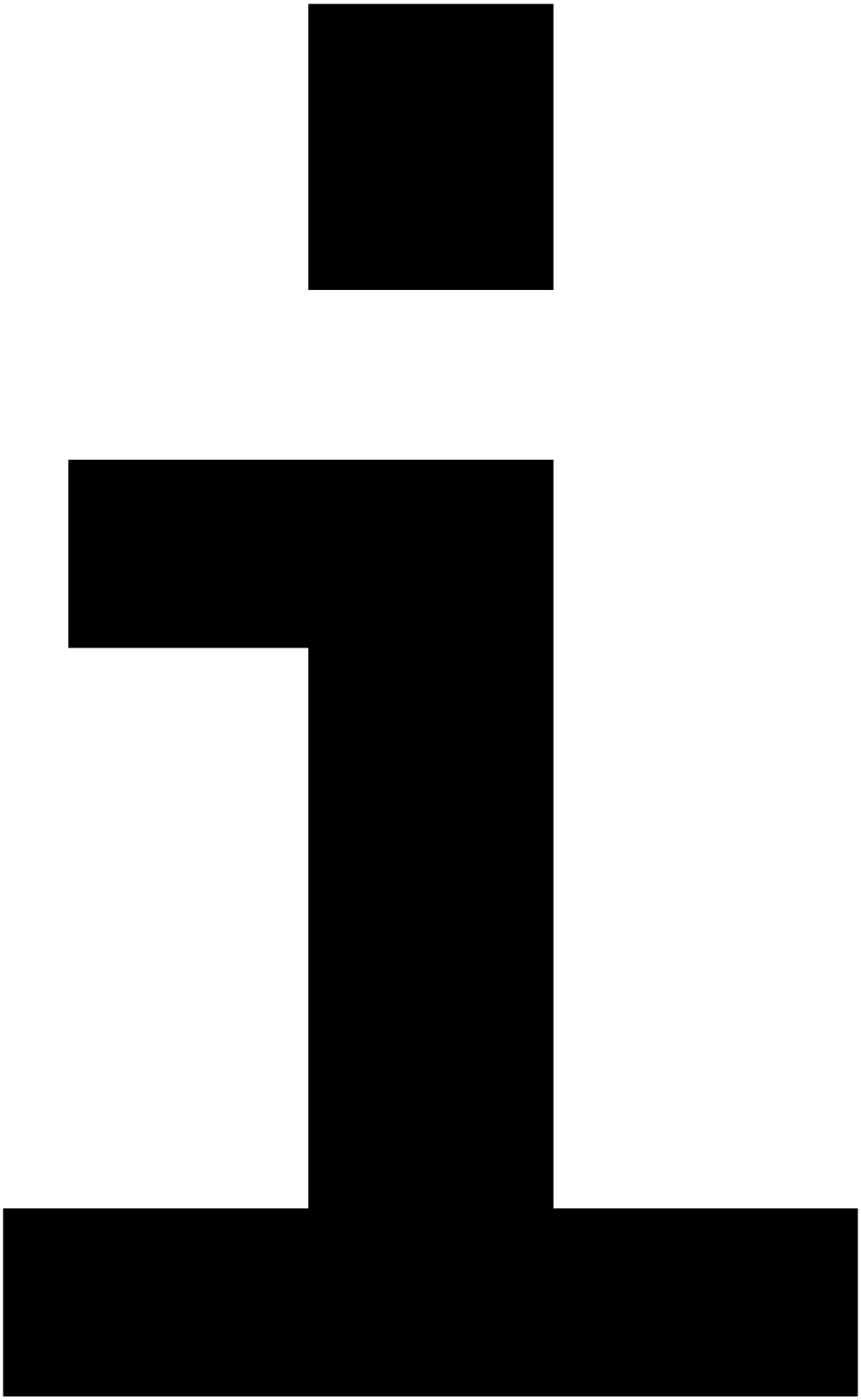
S

e

S

[redacted]

W

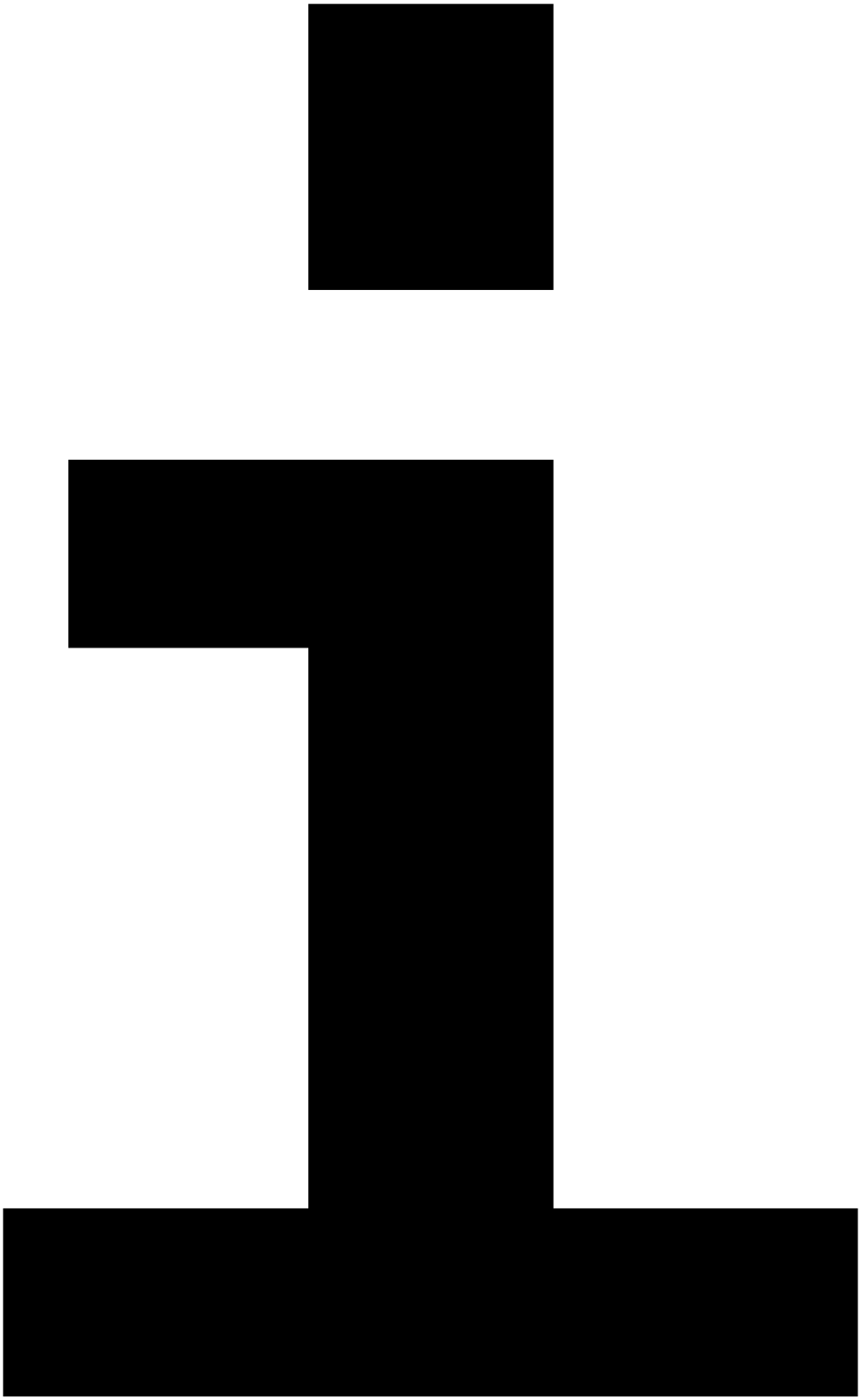


e

S

O

V



e

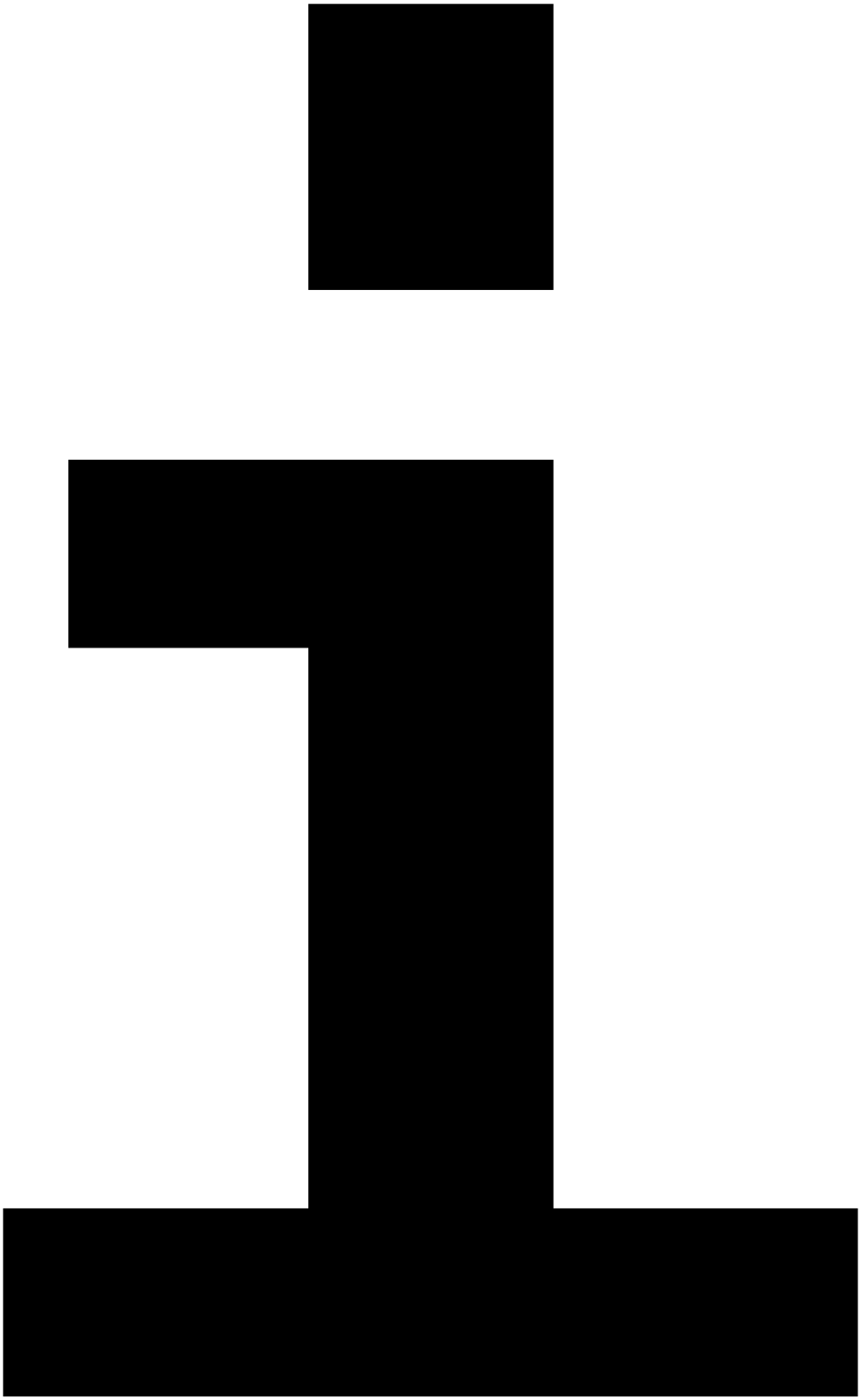
ㄴ

e

V

O

r



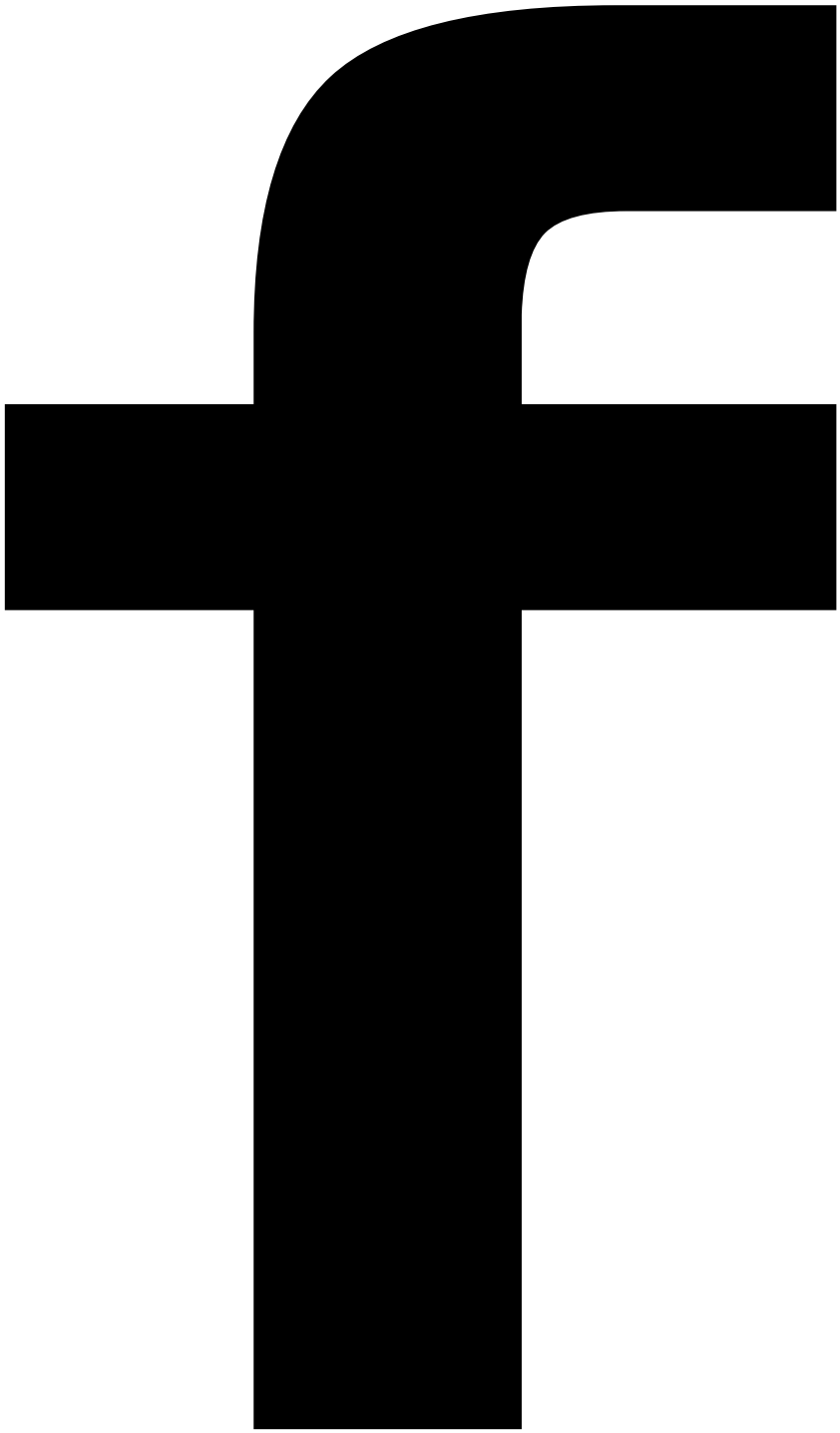
h

m

[redacted]

a

u



u

n

d

W

e

g

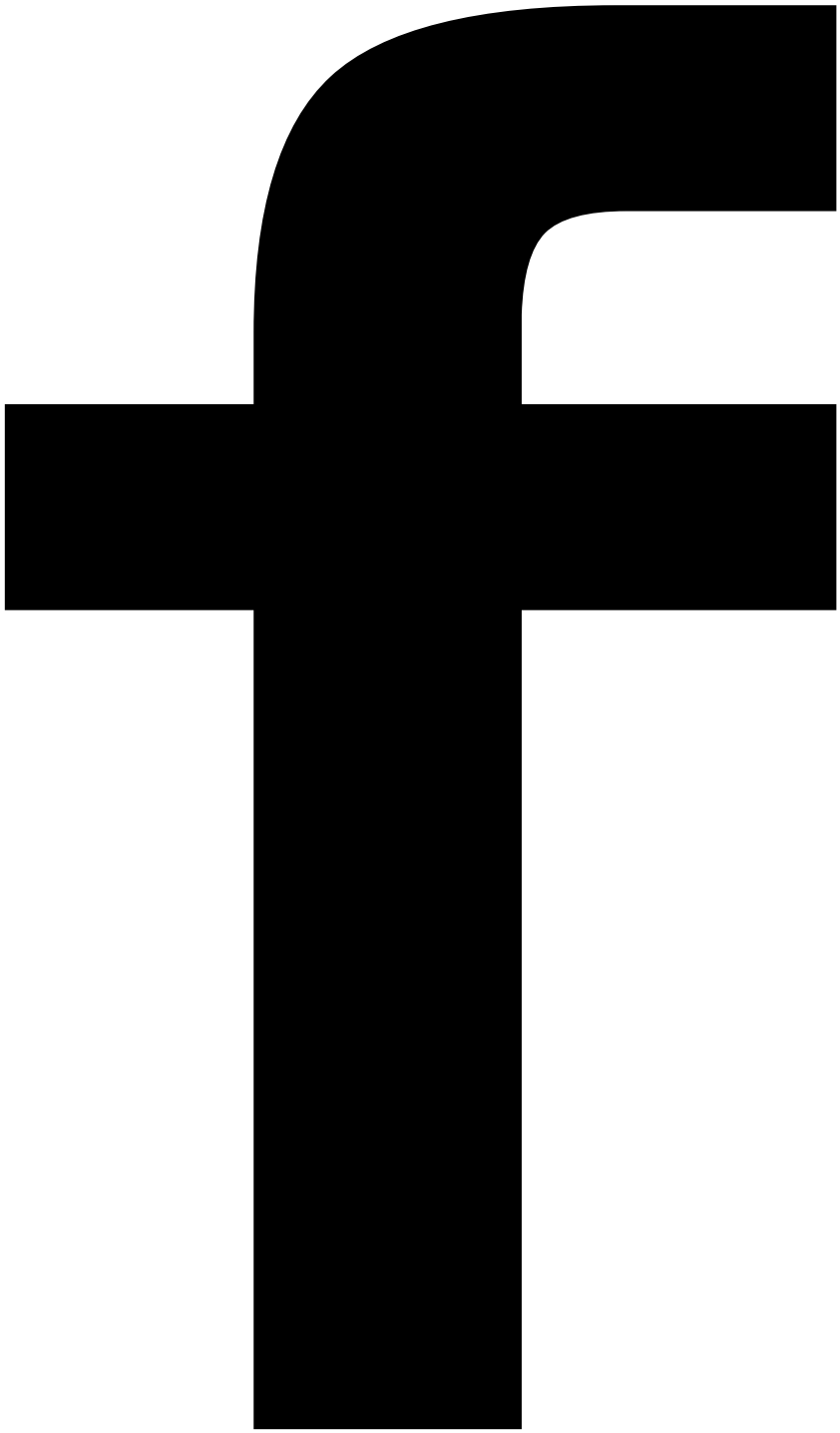
g

e

k

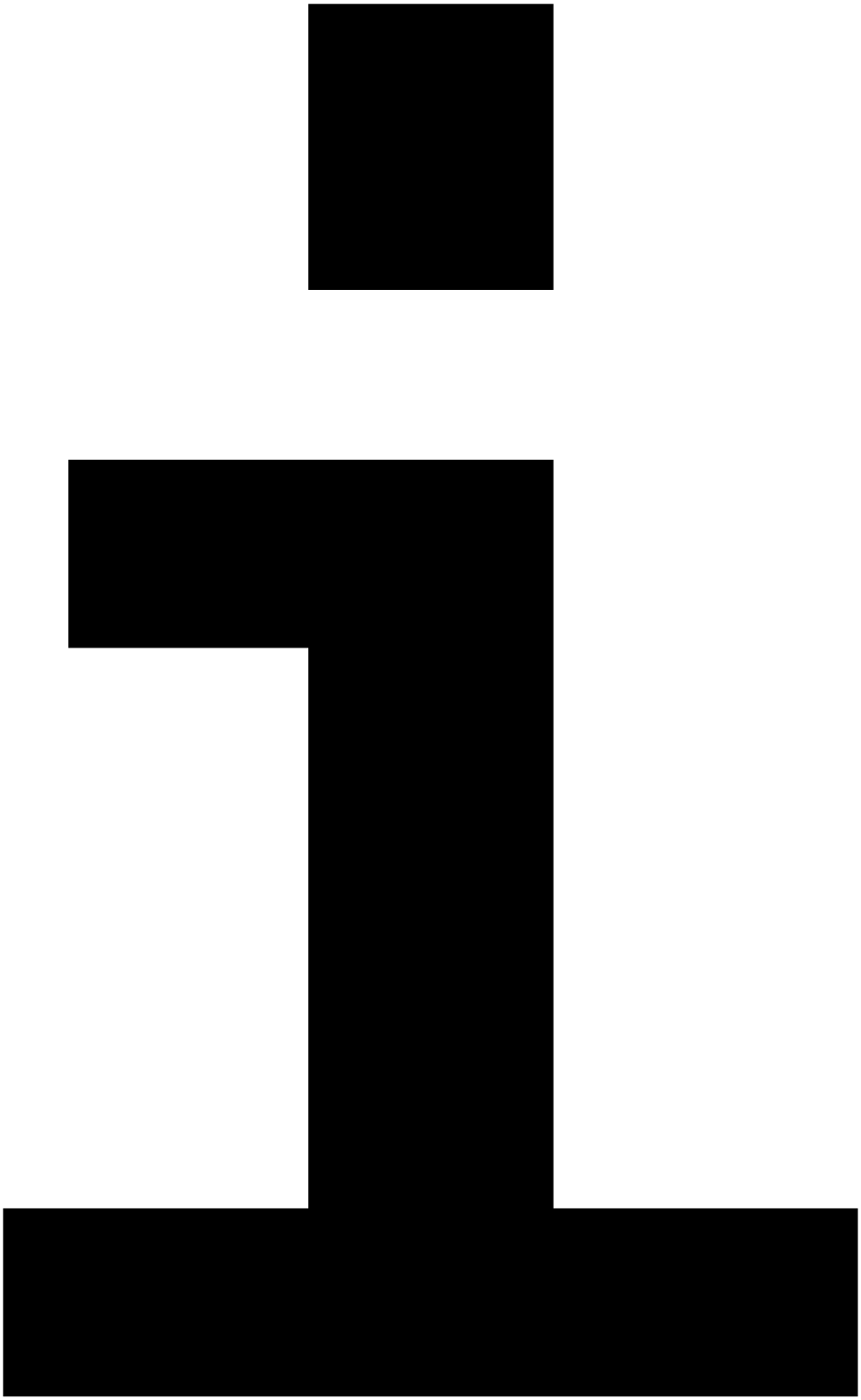
a

u



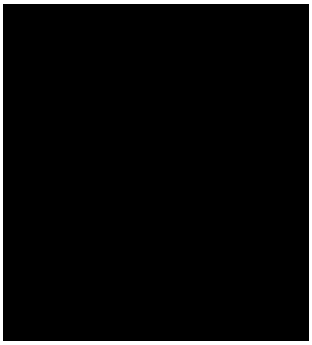
t

W



r

d



W

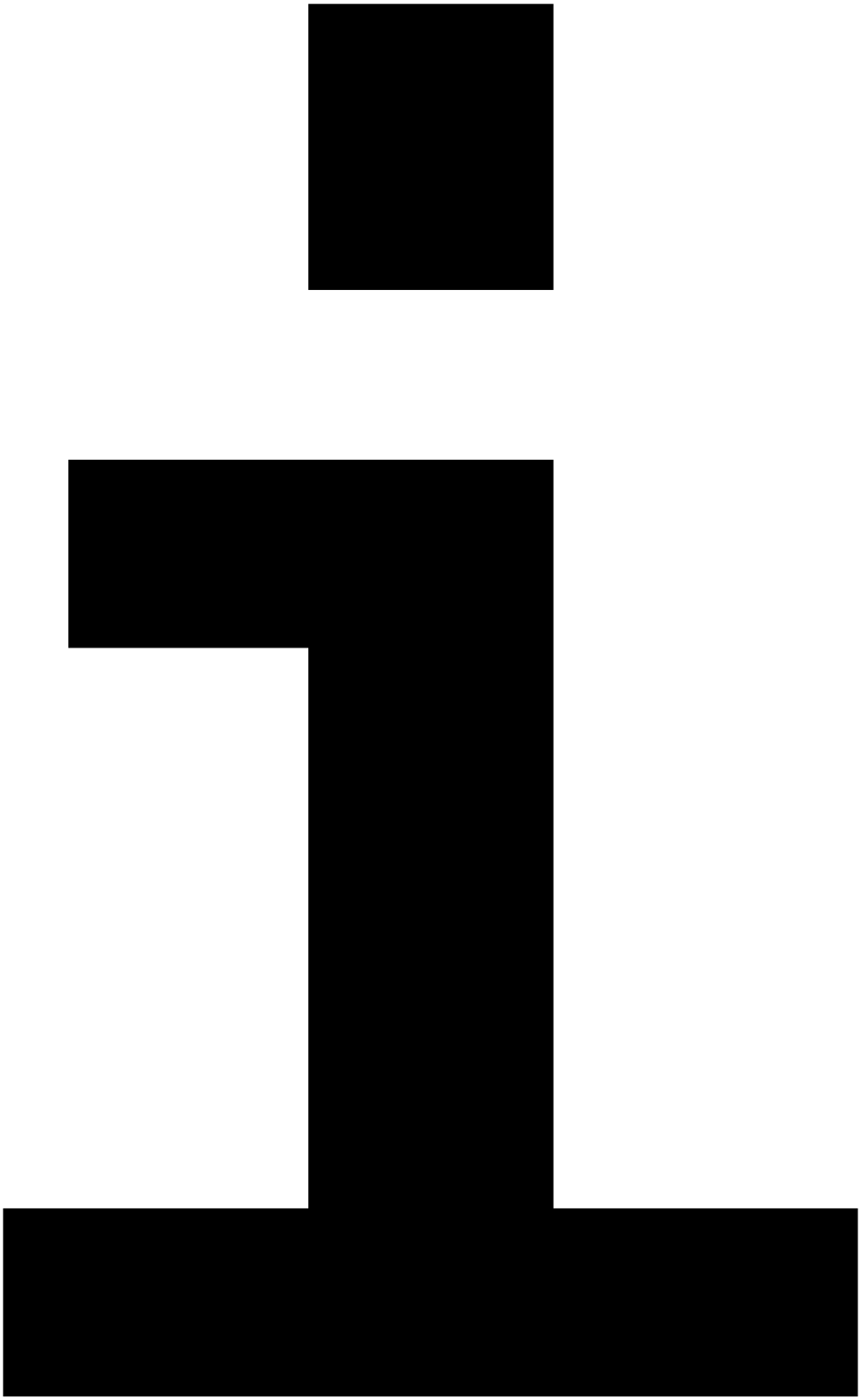
e

ㄴ

t

W

e



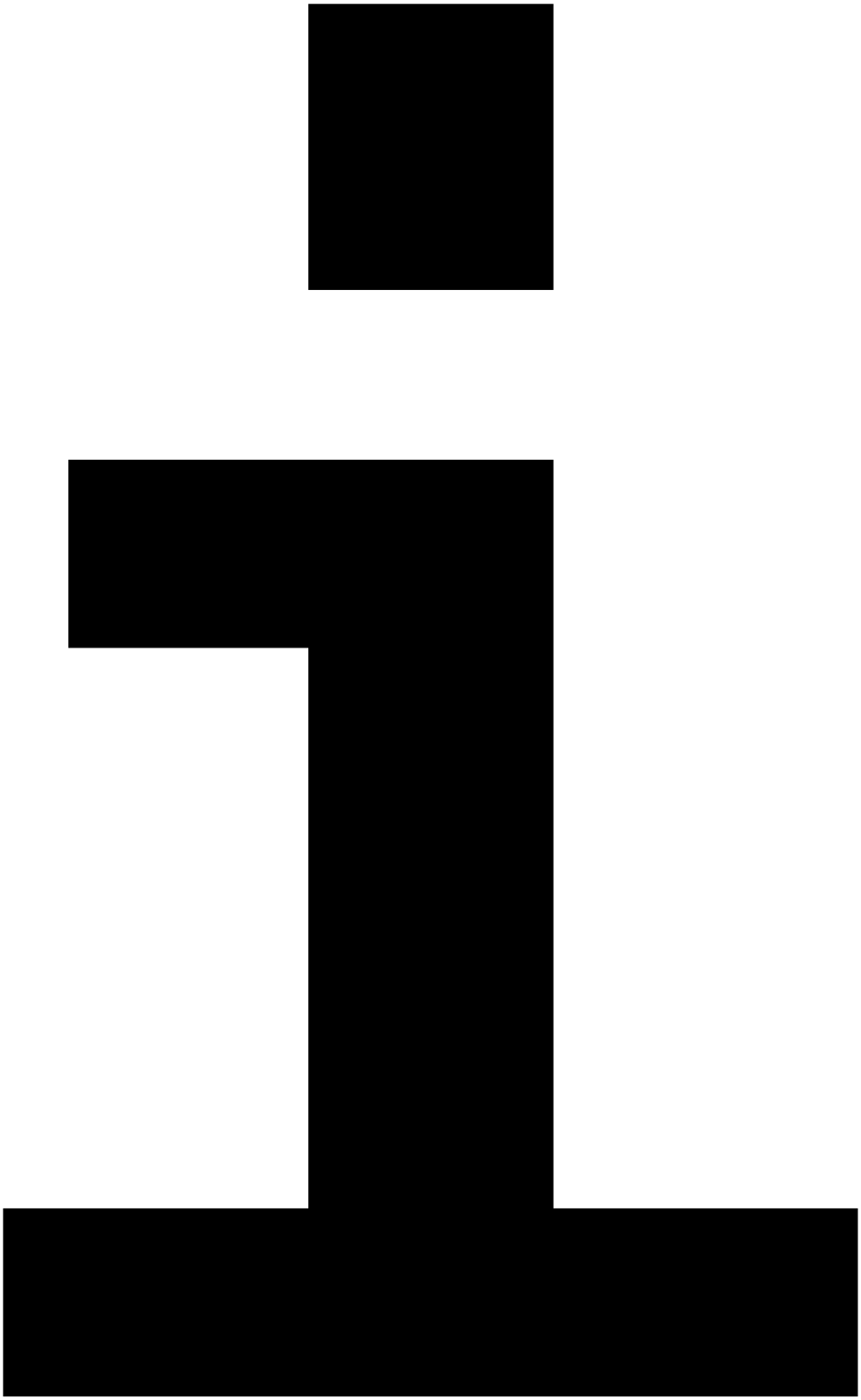
t

t

u

t

S



C

h

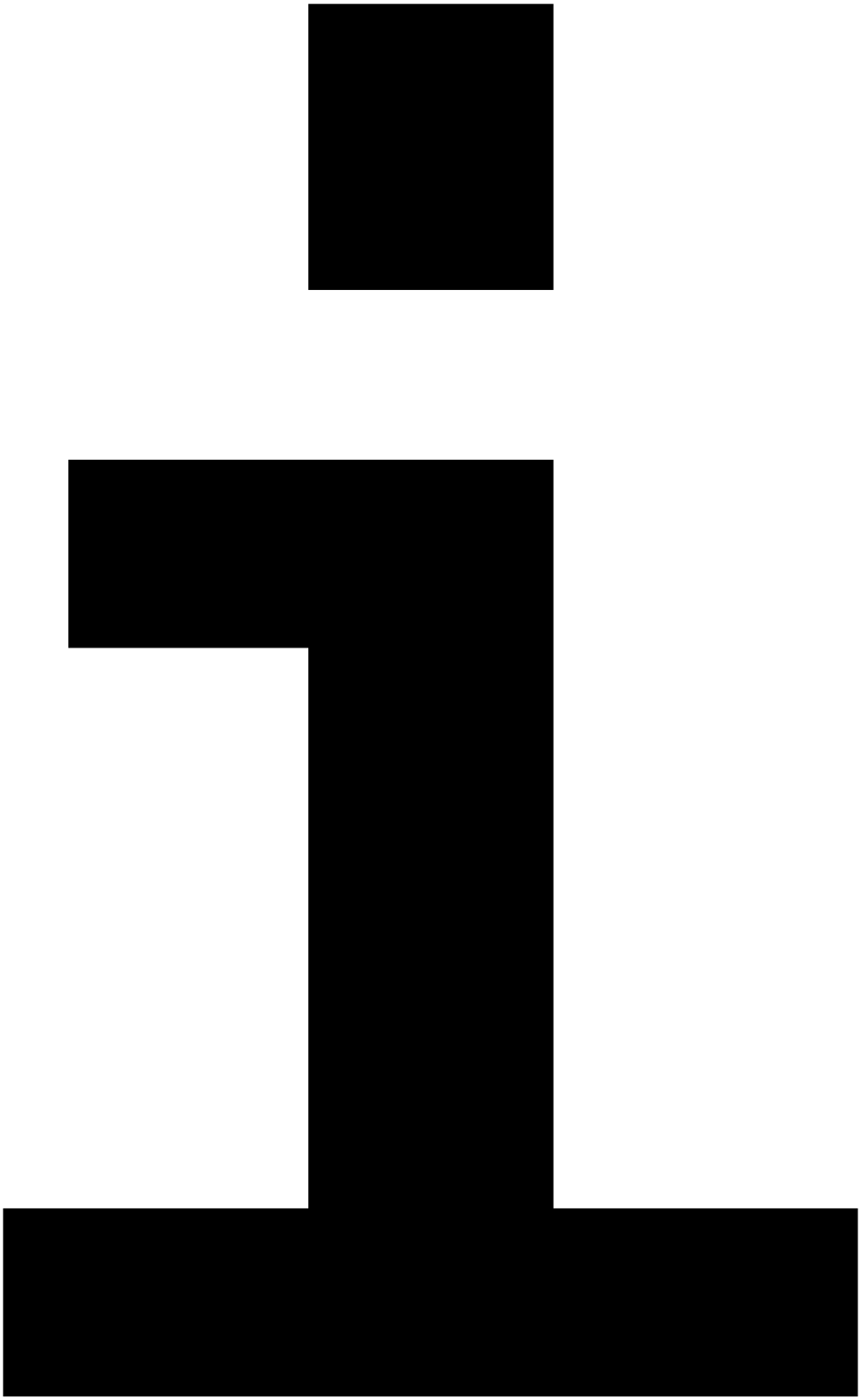
e

t

W

a

S



n

d

e

r

E

n

t

S

O

r

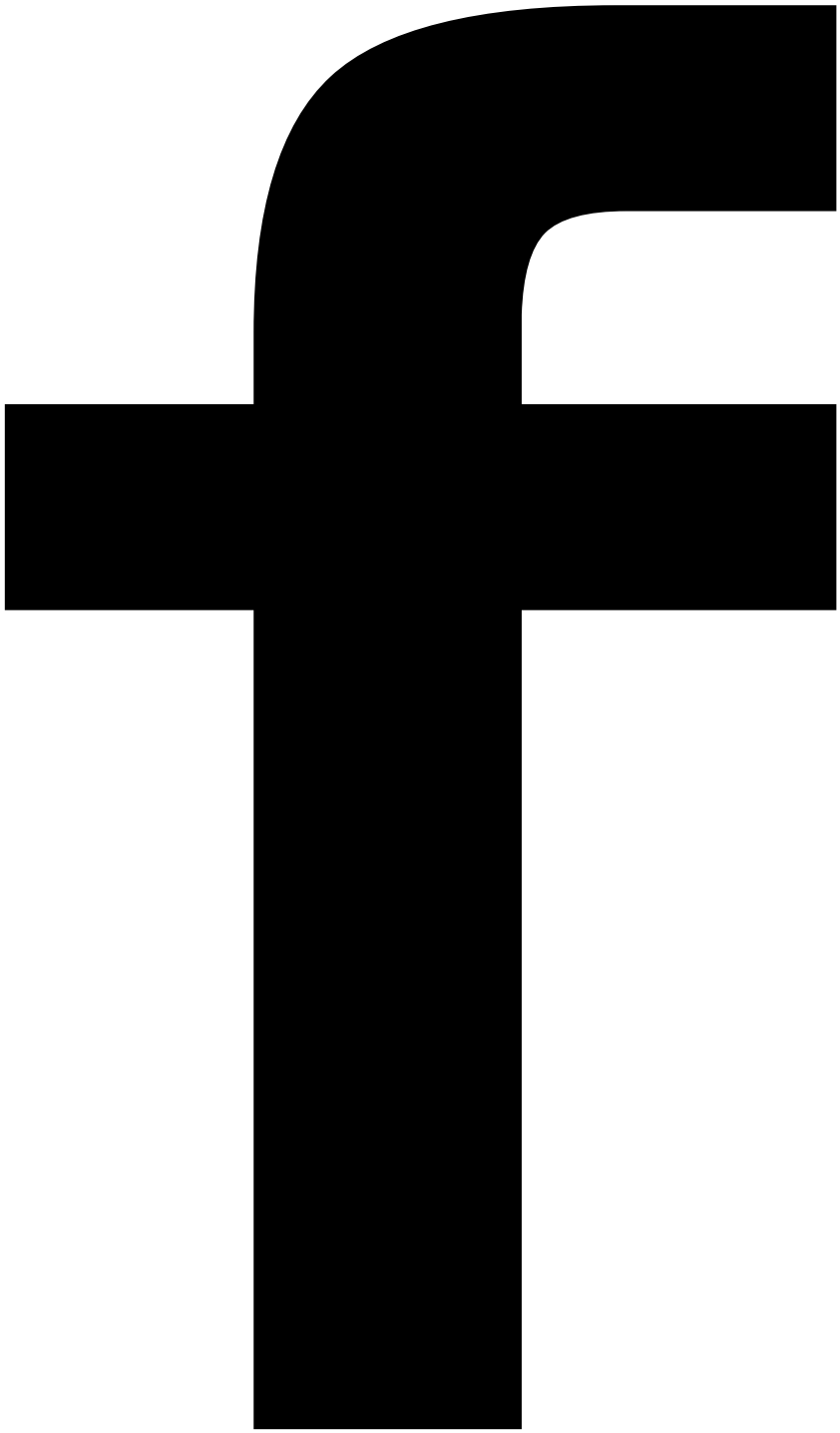
g

u

n

g

S



r

a

g

e

[redacted]

[redacted]

S

a

ㄴ

Z

b

a

d

r

e

a

k

t

O

r

e

n

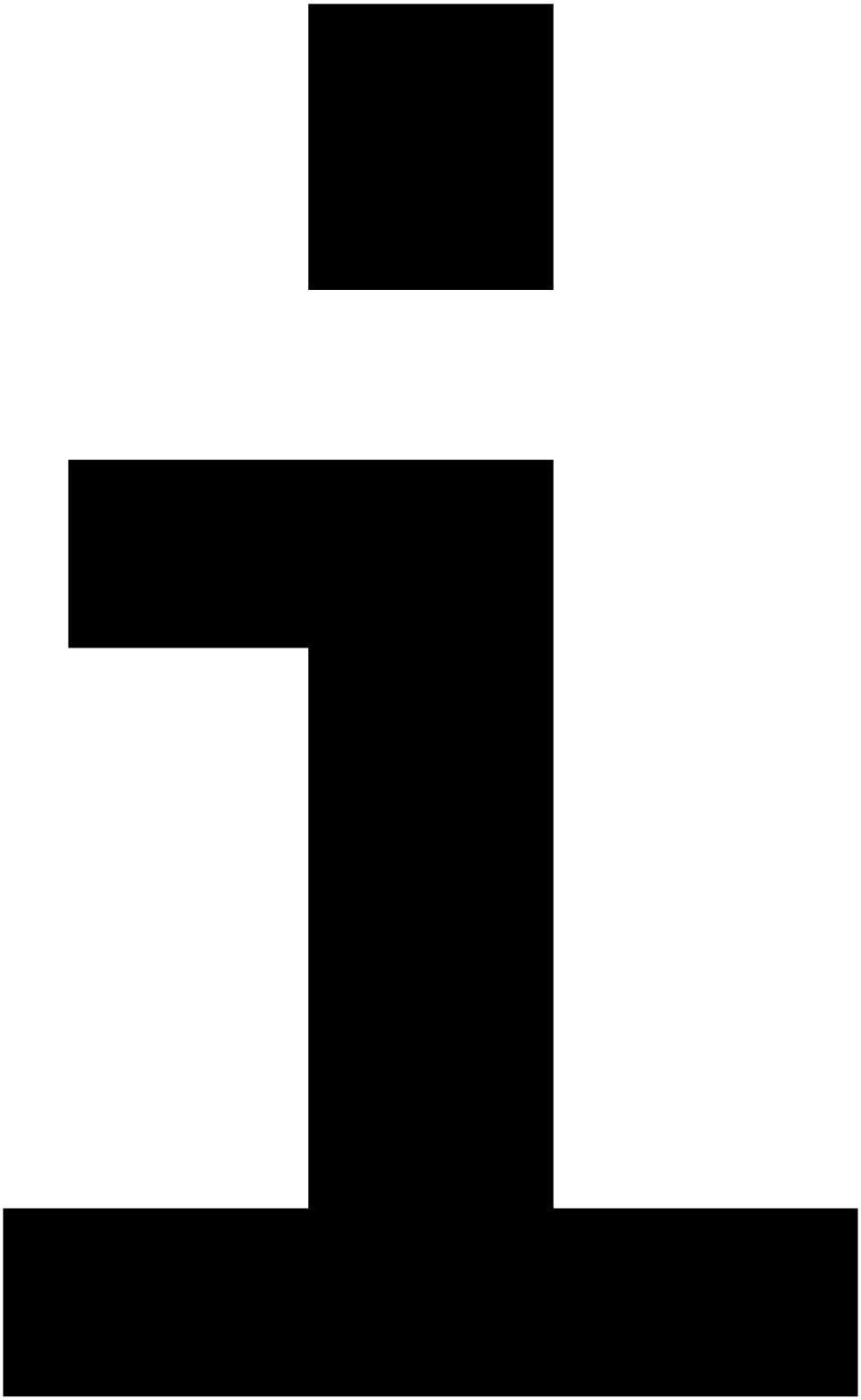
’

E

n

t

W



C

k

ㄴ

u

n

g

m

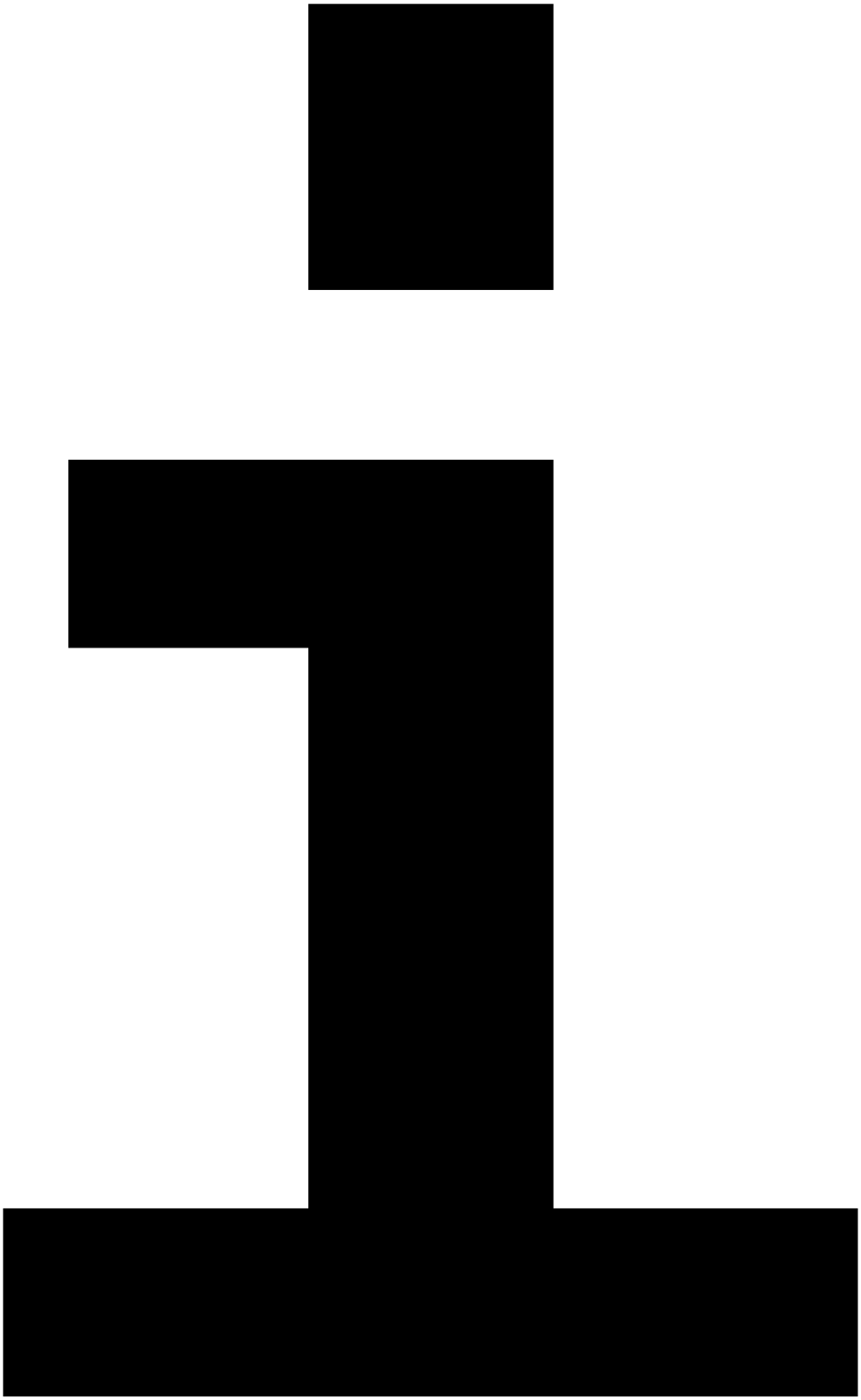
e

t

a

ㄴ

ㄴ



S

C

h

e

r

B

r

e

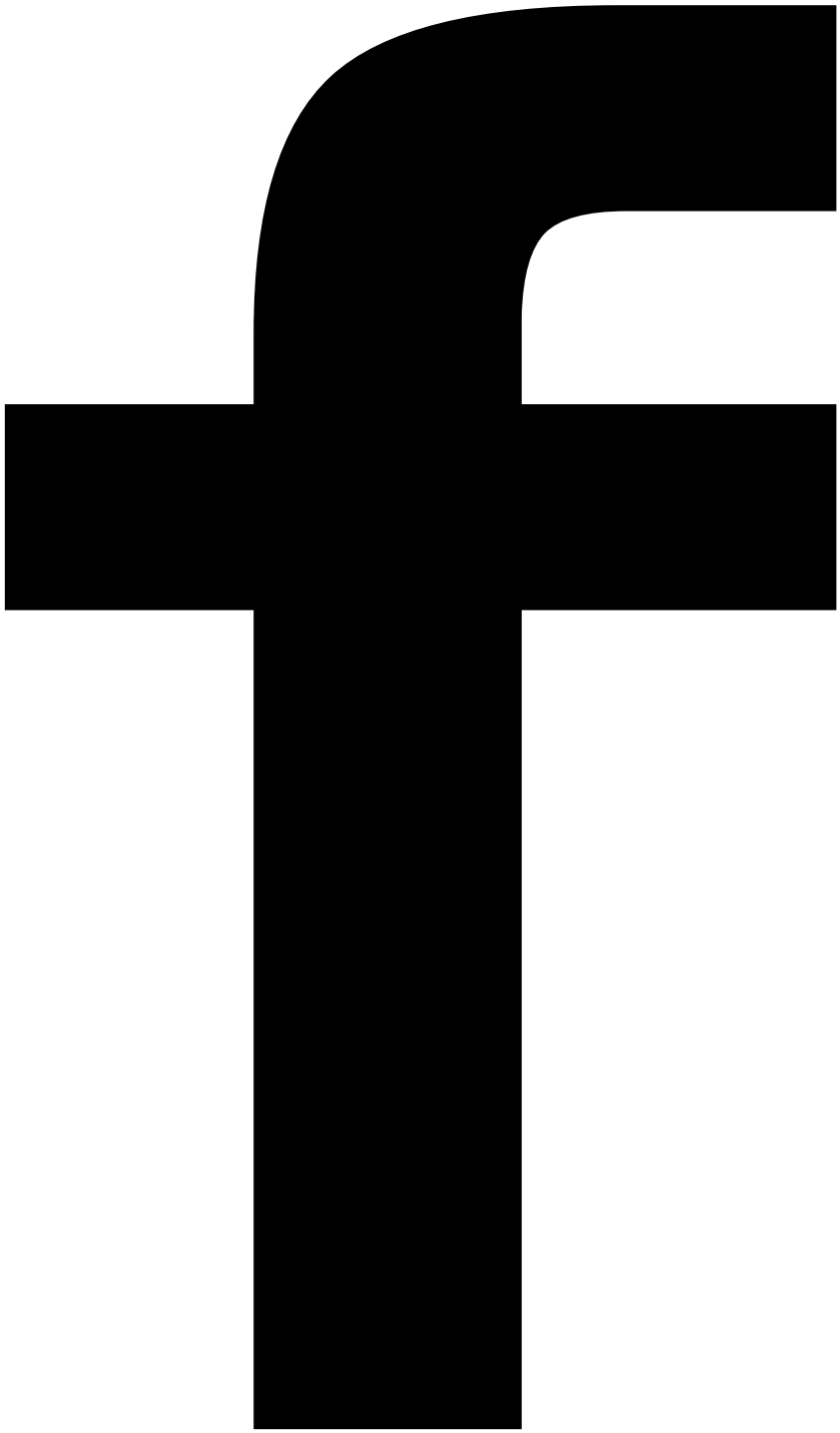
n

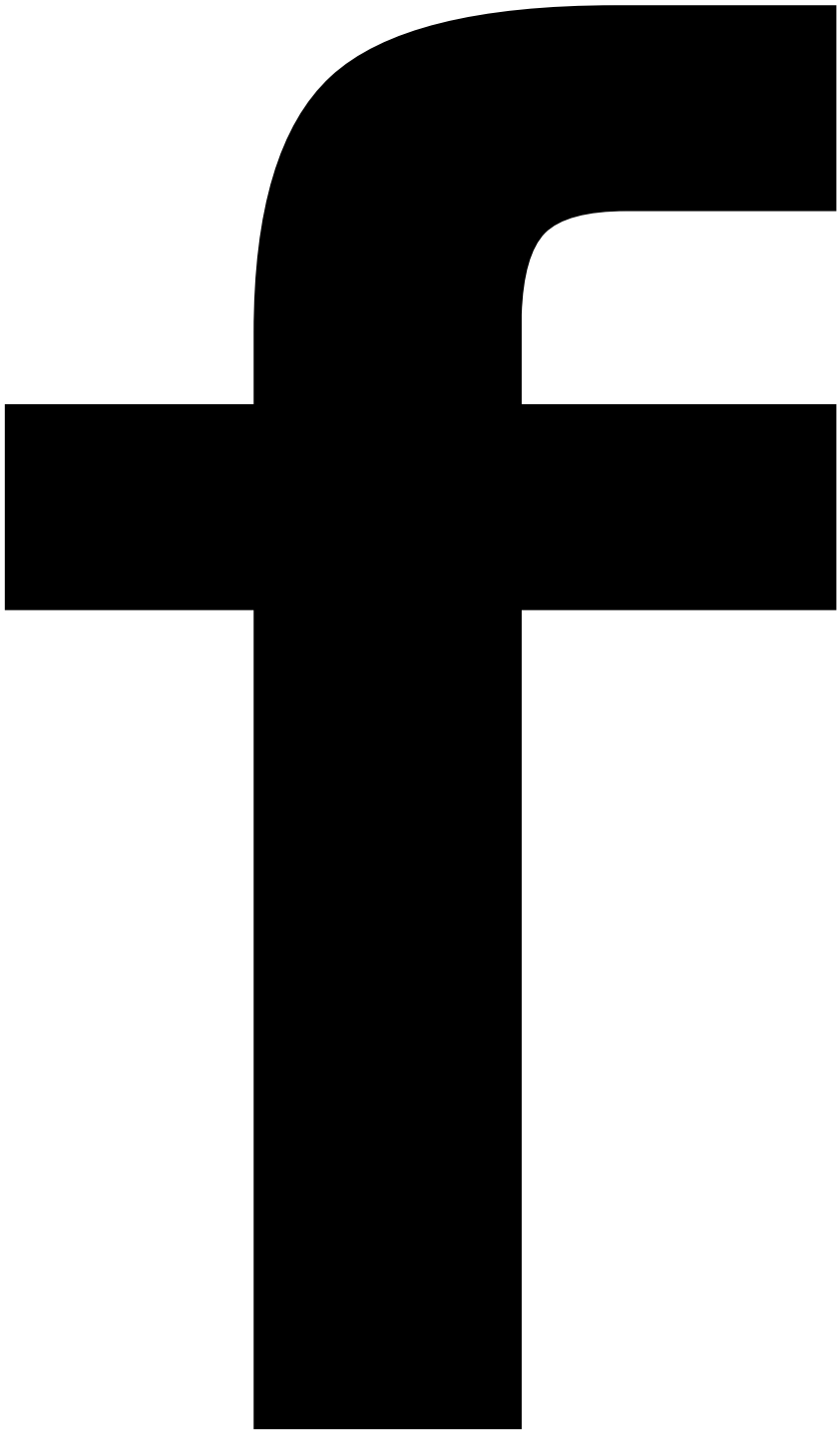
n

S

t

O





e

[redacted]

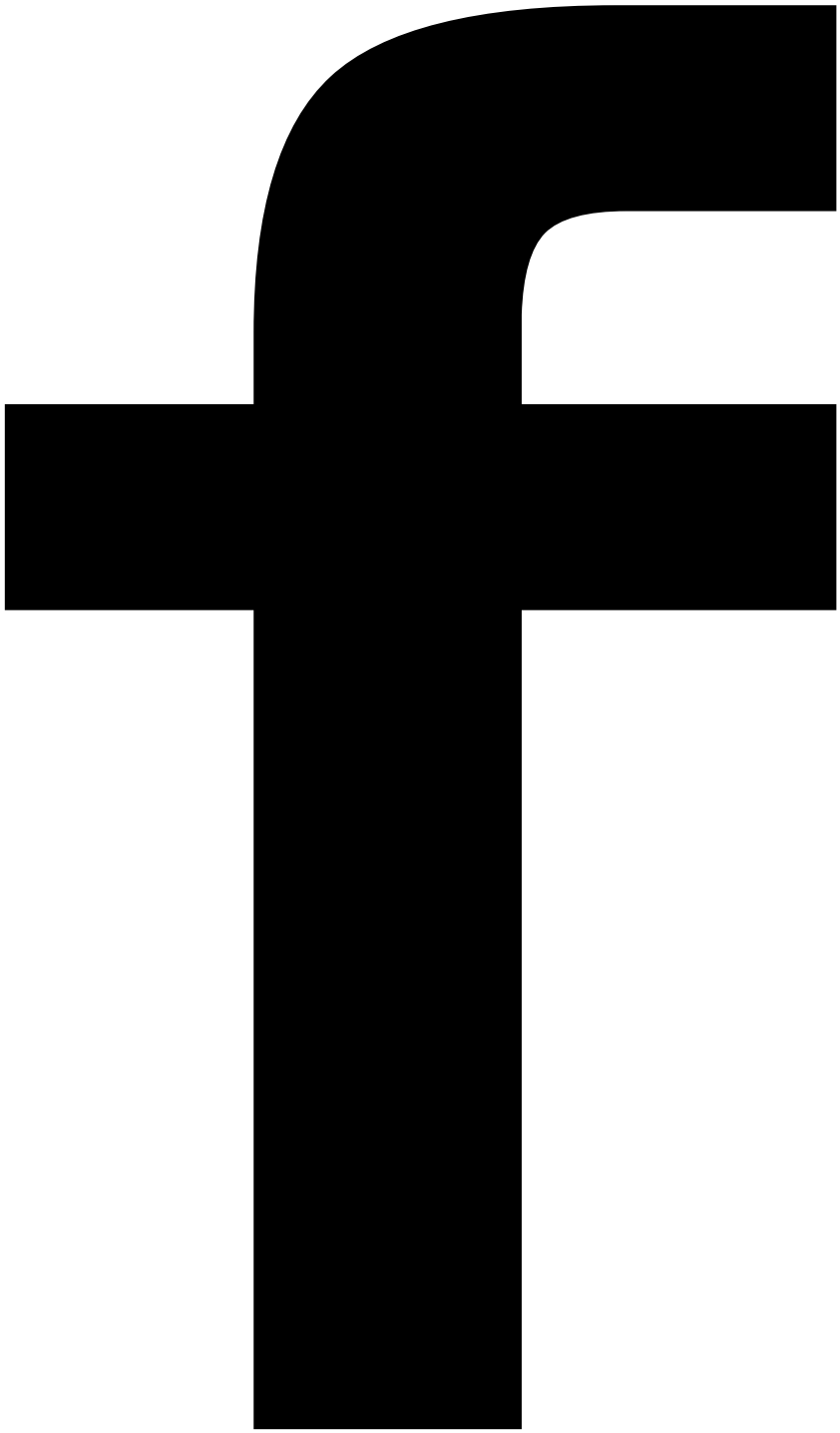
S

O

g

a

r

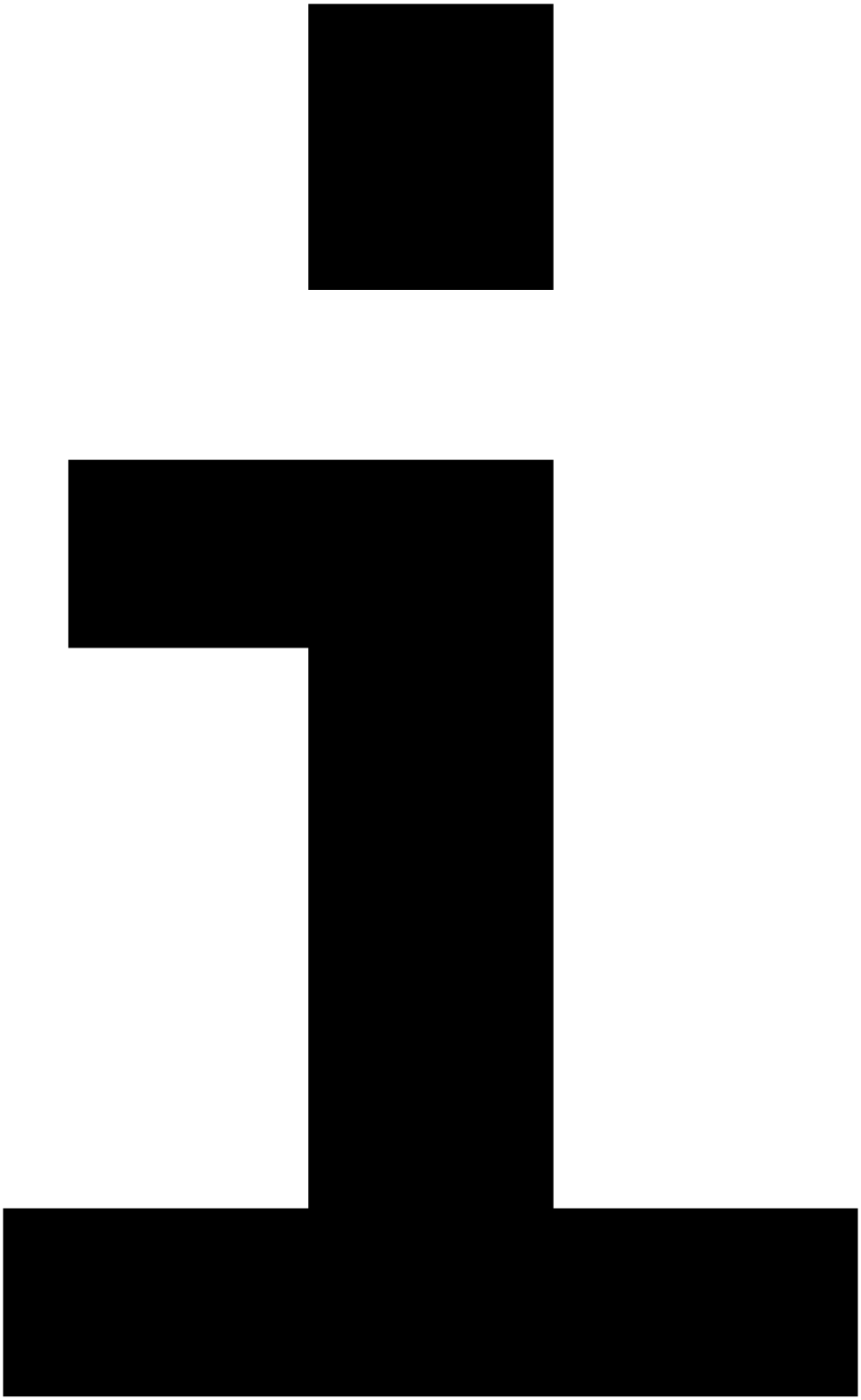


ü

r

L

e



C

h

t

W

a

S

S

e

r

r

e

a

k

t

O

r

e

n

[redacted]

u

n

d

a

b

g

e

S

p

e

C

k

t

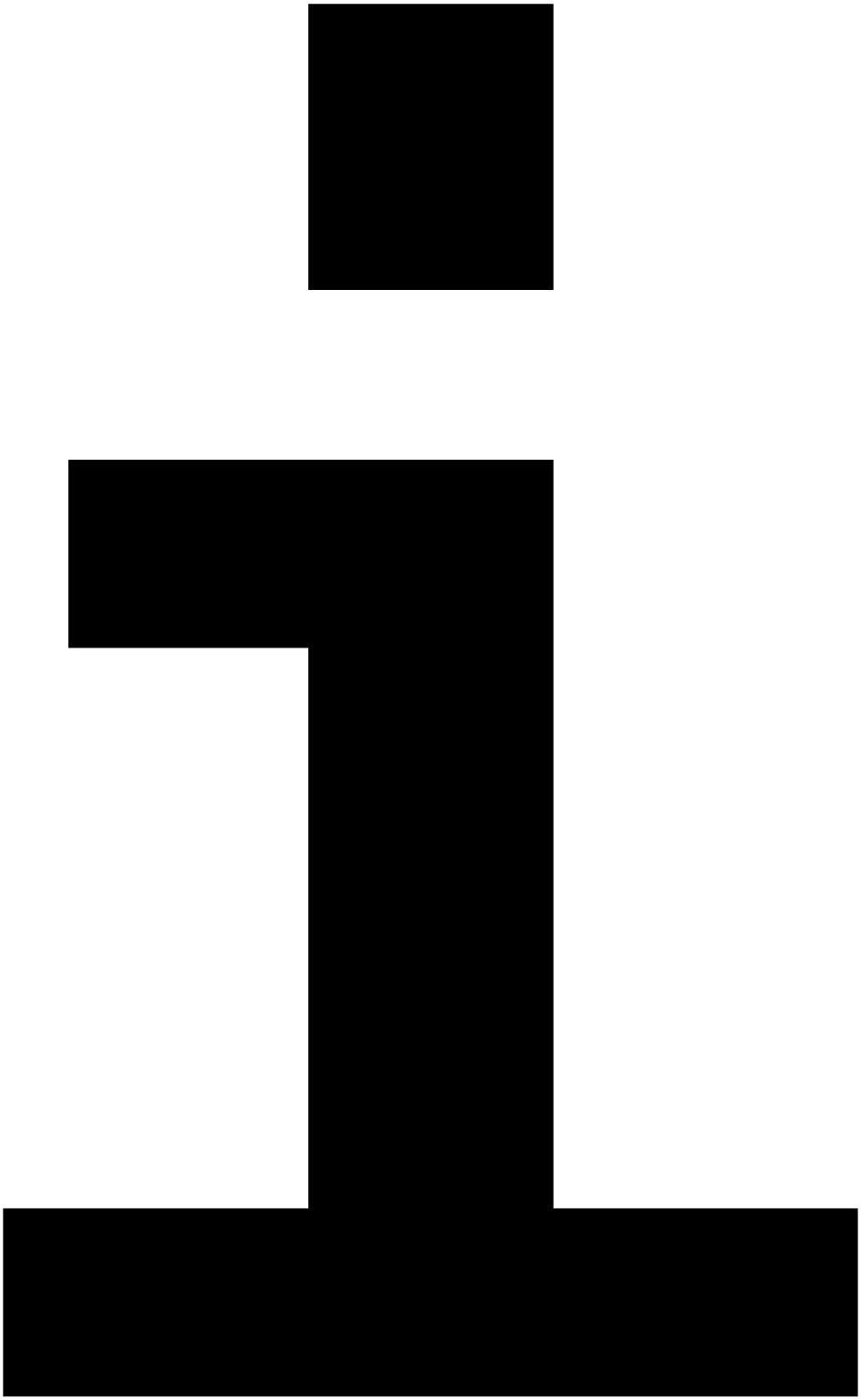
e

C

h

e

m



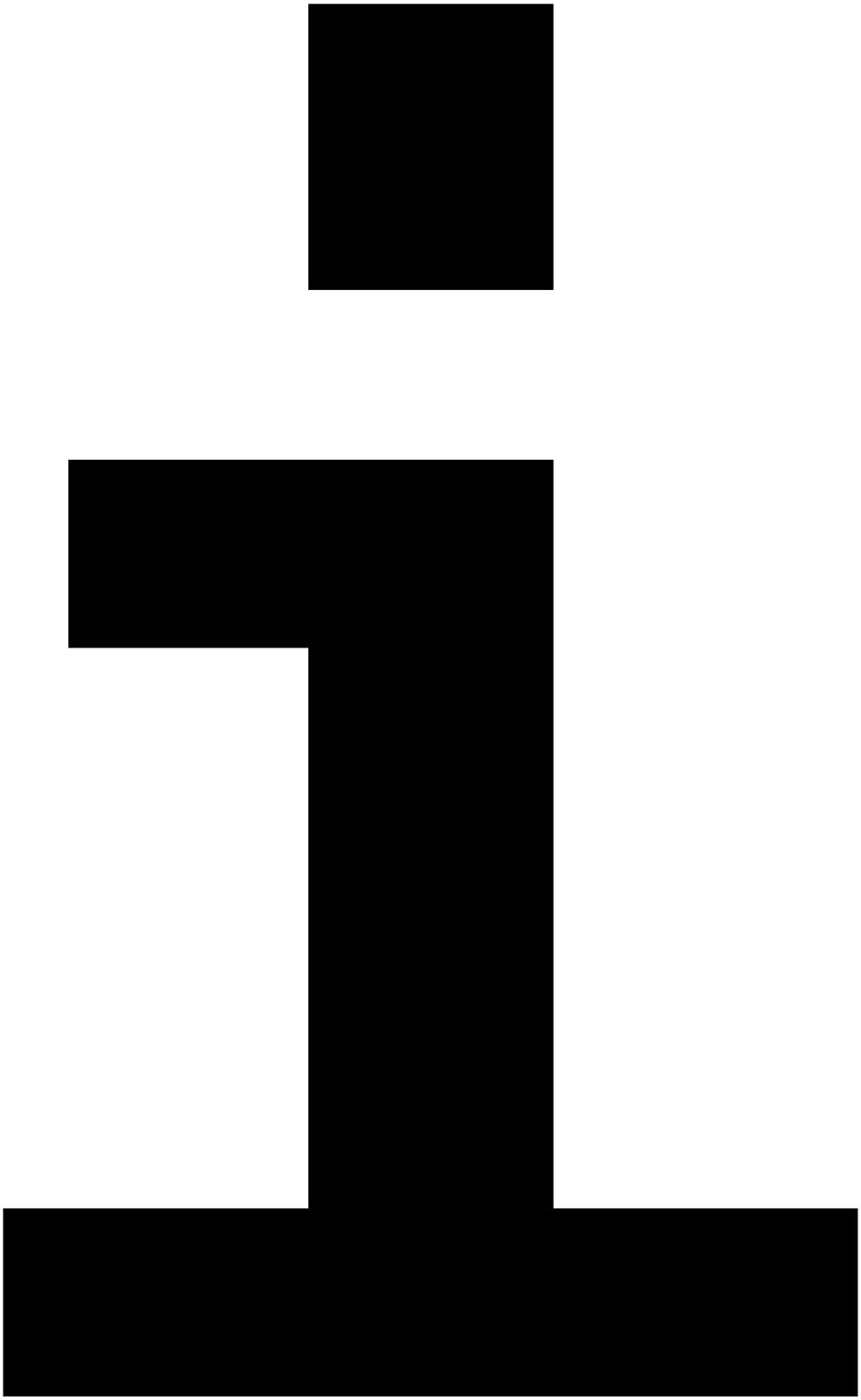
S

C

h

e

W



e

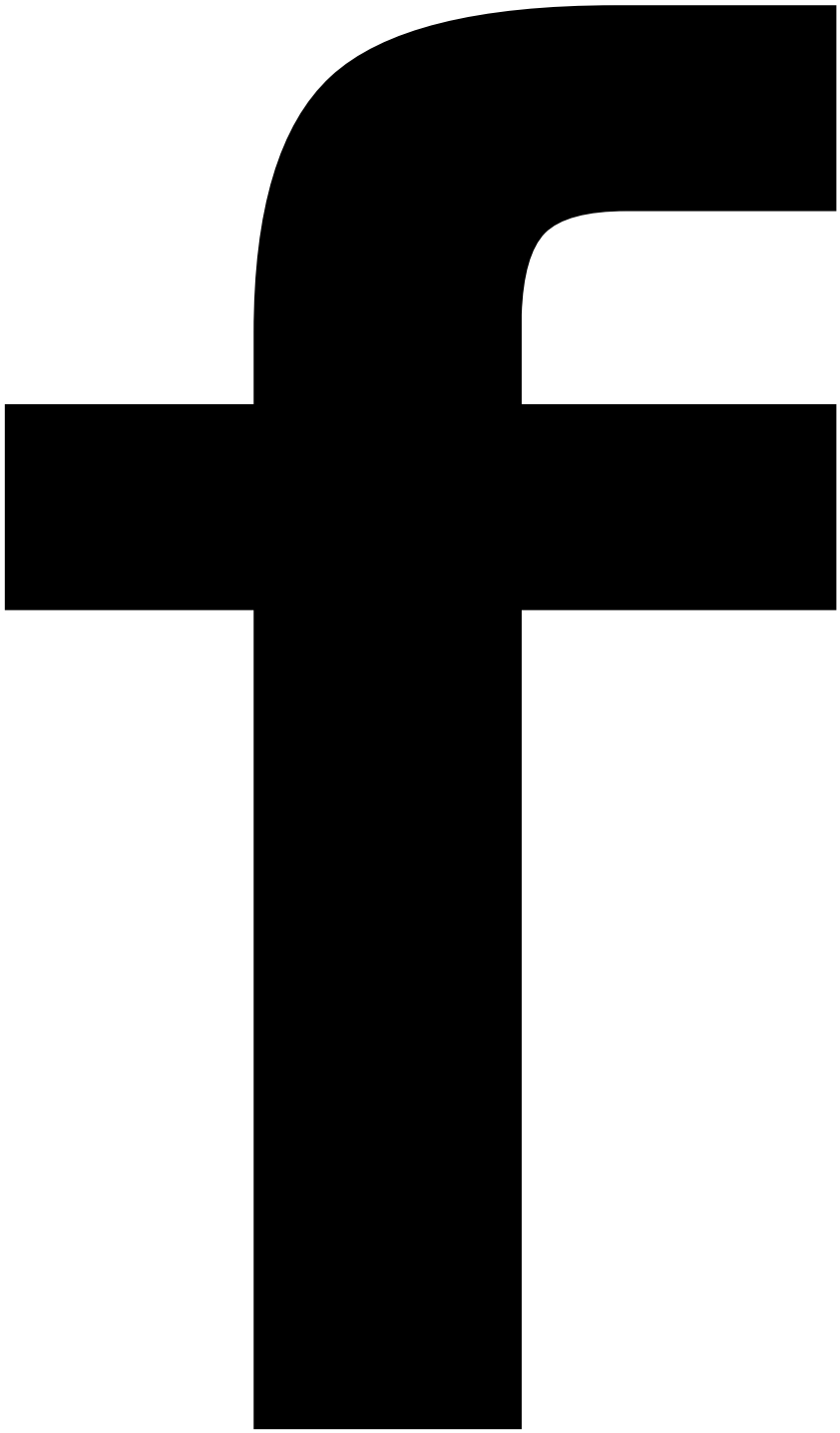
d

e

r

a

u

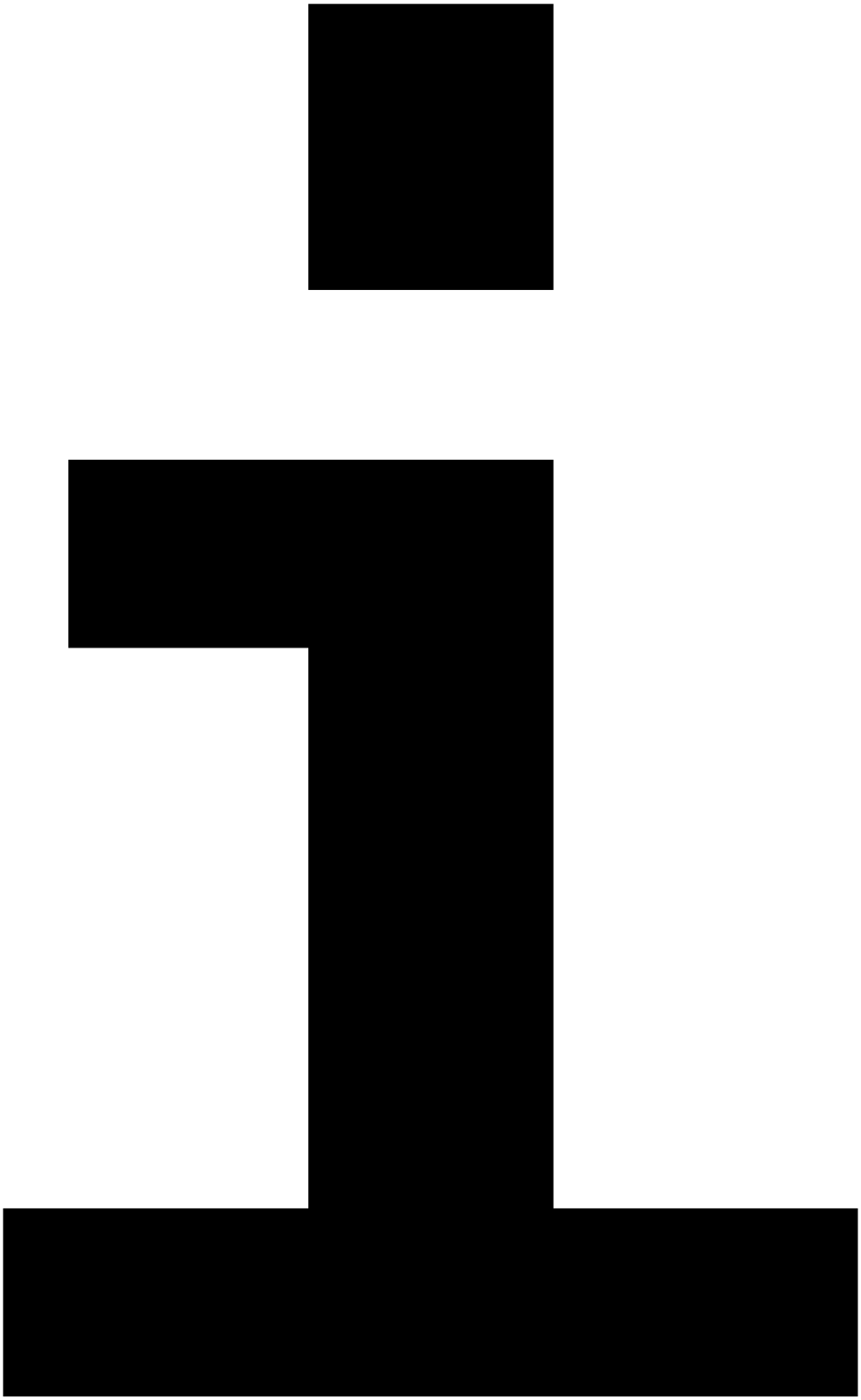


b

e

r

e



t

u

n

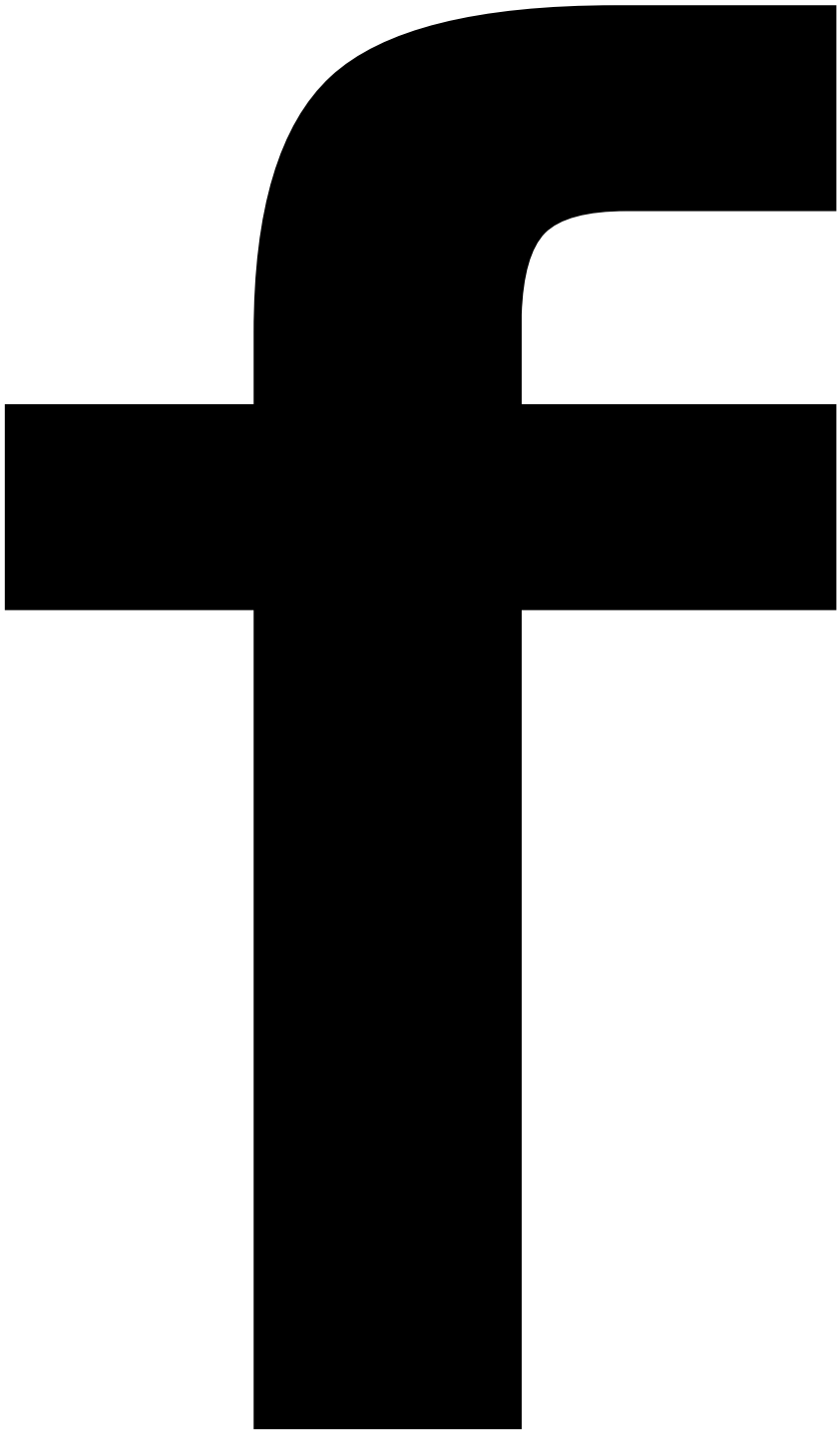
g

S

V

e

r



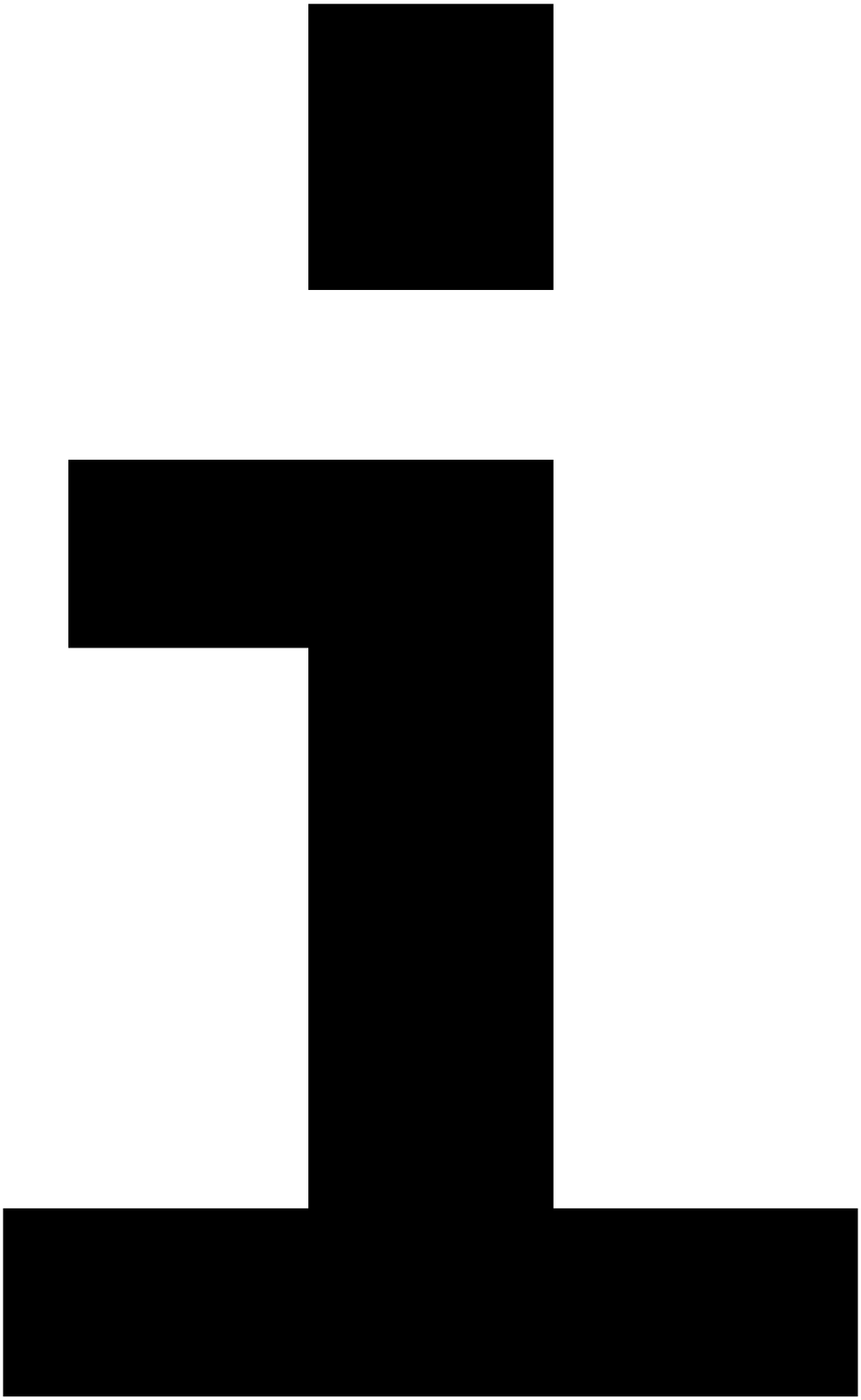
a

h

r

e

n



n

R

u

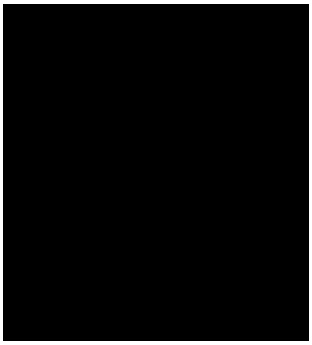
ß

ㄴ

a

n

d



Ü

b

e

r

n

O

m

m

e

n

V

O

n

N

U

K

E

K

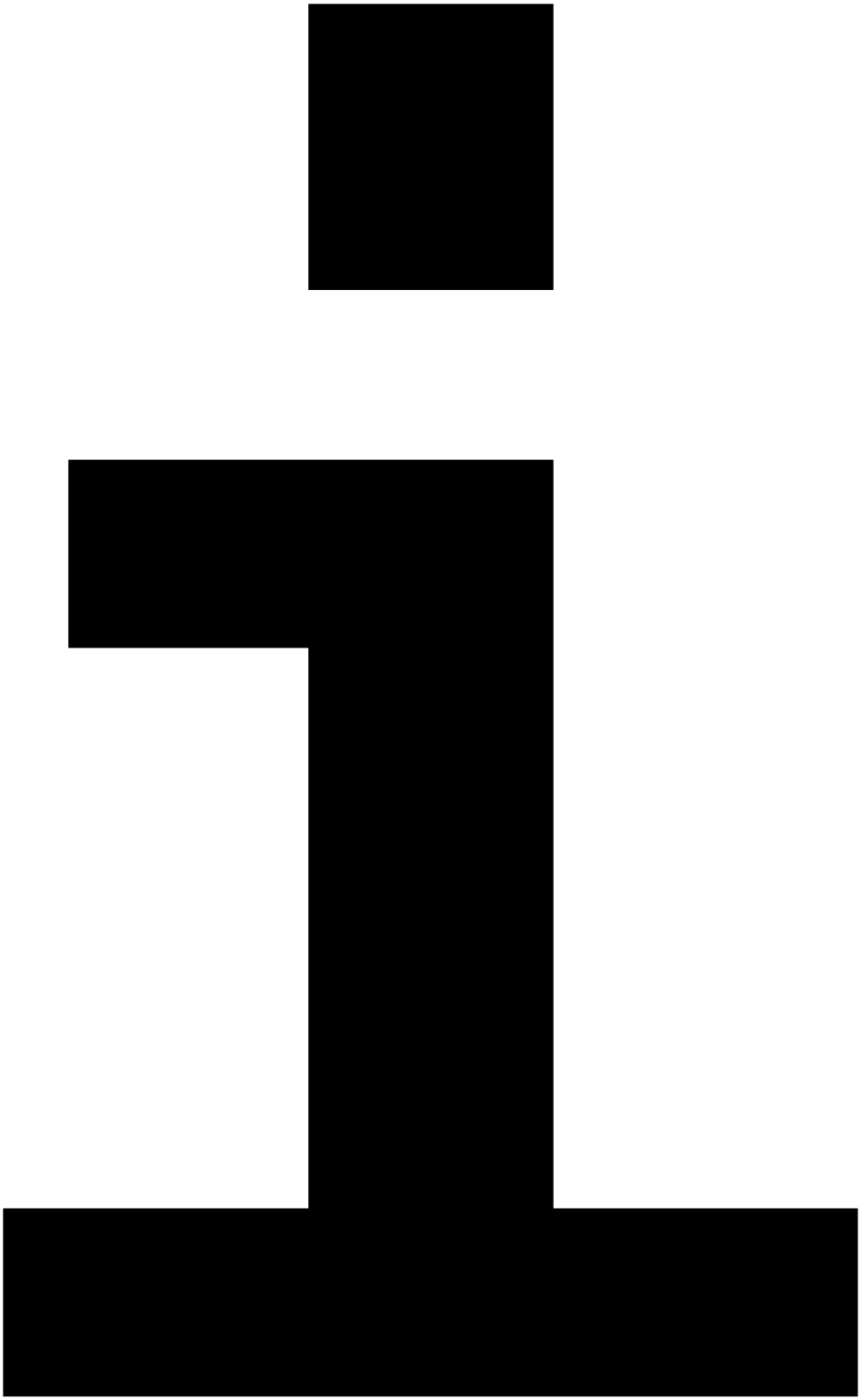
L

A

U

S

h



e

r